

# Potentialen i att öka precision och stabilitet av timmersortering med ny mätteknik – En studie för Braviken sågverk

*The potential of increasing precision and stability of timber  
sorting with new measurement technology- A study for Braviken  
Sawmill*

Ellen Bergvall

Examensarbete • 30 hp

Jägmästarprogrammet

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2020:7

Umeå 2019



# Potentialen i att öka precision och med stabilitet av timmersortering med ny mätteknik - En studie för Braviken sågverk

*The potential of increasing precision and stability of timber sorting with new measurement technology - A study for Braviken Sawmill*

Ellen Bergvall

**Handledare:** Erik Anerud, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för skogens biomaterial och teknologi

**Examinator:** Mehrdad Arshadi, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för skogens biomaterial och teknologi

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A2E

**Kurstitel:** Master thesis in Forest sciences at Department of Forest Biomaterials and Technology

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

**Kurskod:** EX956

**Program/utbildning:** Jägmästarprogrammet

**Utgivningsort:** Umeå

**Utgivningsår:** 2020

**Serietitel:** Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

**Delnummer i serie:** 2020:7

**Elektronisk publicering:** <https://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** årstidsvariation, barkavdrag, röntgen, trakeidmetoden

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi



## Sammanfattning

Råvarukostnaden är ett sågverks enskilt största kostnadspost och lönsamheten vid ett sågverk påverkas i hög grad av träff i sågtimmerklasserna. Vid Braviken sågverk har träff i klass varierat med årstid, vilket har lett till en försvårad produktionsplanering med oplanerade kvalitetsutfall. Syftet med denna studie är att studera om årstidsvariationens träffsäkerhet beror på en förändring i barktjocklek, samt om det går att få en förbättrad träff i klass med någon typ av mätteknik.

Studien innefattar en kvalitativ intervjustudie med sågverk, som använder olika typer av mätteknik vid timmersortering, en kvantitativ laboration för att utreda granbarkens förmåga att svälla/krympa vid olika fuktförhållanden, samt en ekonomisk analys om huruvida en kombinerad 3D- och röntgenmätarm kan motivera en investering av ny mätteknik på Braviken sågverk.

Resultatet visade att 8 av 9 sågverk upplevt en årstidsvariation i barktjocklek på grantimmer. Ett sågverk har upplevt att variationen har kunnat hanteras med 3D och bildanalys. Resterande sågverk har upplevt att varken trakeidmetoden, röntgen eller en kombination av dem båda har kunnat hantera årstidsvariationen. Skillnaden i barktjocklek då barken var fuktig jämfört med torr var signifikant och den dubbla barktjockleken skiljde sig som mest 8 mm. Vid en förbättrad sorteringsprecision med 14 procentenheter skulle en investering av kombinerad 3D- röntgen betala sig inom 1,4 år.

Sammantaget rekommenderas Braviken sågverk att avvakta med en investering av mätarmen LogProfiler3DX tills tekniken funnits en längre tid på marknaden.

*Nyckelord:* årstidsvariation, barkavdrag, röntgen, trakeidmetoden

## Abstract

The raw material cost is the sawmill's largest price cost and the profitability of the sawmill is highly affected by the number of hits in the saw-timber classes. The hit rate in class at Braviken sawmill has varied by season over the year, which has led to an obstructed production planning and control over the quality outcome. The purpose of this study is to declare if the variation for the hit rate in a class by season depends on a variation in bark thickness and if it is possible to improve hit rate with some kind of measurement technology.

The study includes a qualitative interview study with sawmills, which use different kinds of measurement technology for log sorting, and a quantitative lab to examine spruce barks ability to swell/shrink under different humidity conditions. The study also includes an economic analysis on whether a combined 3D log- and X-ray scanner can justify an investment of new measurement technology at Braviken sawmill.

The result showed that 8 of 9 sawmills experienced a seasonal variation of bark thickness on spruce logs. One sawmill experienced that the 3D scanning and image analysis was able to handle the seasonal variation. Remaining sawmill's experienced that either the trakeid method, X-ray or a combination of the two was able to handle the seasonal variation. The difference in bark thickness when the bark was moist compared to dry was significant and the double bark thickness differed 8 mm at most. At an improved hit rate in class to 14 percentage, an investment of combined 3D and X-ray would pay off within 1.4 years.

Braviken sawmills are recommended to wait with an investment of the log frame LogProfiler3DX until the technology has been on the market for a longer time.

Keywords: seasonal variation, bark deduction factor, X-ray, trakeid method

# Förord

Med detta examensarbete avslutar jag mina fem års studier på jägmästarprogrammet vid Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Studien har gjorts under höstterminen 2019 för Braviken sågverk i Norrköping.

Jag vill först och främst tacka min handledare på Braviken sågverk, Gustav Ståhl som gjorde detta examensarbete möjligt och som tagit sig tid och varit mycket hjälpsam under hela resans gång.

Jag vill även tacka min handledare Erik Anerud på SLU för intuitionen skogens biomaterial och teknologi som kommit med goda råd och idéer från början till slut.

Ett stort tack till sågverk och leverantörer som ställt upp på intervjuer, som med ett stort engagemang delat era värdefulla erfarenheter. Utan er hade denna studie inte varit genomförbar. Även ett tack till övriga som kommit bra input och hjälpt till under vägen.

Umeå, mars 2020

*Ellen Bergvall*

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b>	<b>7</b>
1.1. Bakgrund	7
1.2. Braviken sågverk	8
1.3. Problemformulering	9
1.4. Syfte och mål	12
1.5. Avgränsningar	12
<b>2. Teori</b>	<b>13</b>
2.1. Timmersortering	13
2.2. Postning & utbyte	14
2.3. Bark	15
2.4. Tekniken	18
2.4.1. 3D- mätram	18
2.4.2. Röntgenmätram	20
2.4.3. RS- LogProfiler3DX	21
2.5. Tidigare studier	21
<b>3. Metod</b>	<b>23</b>
3.1. Intervju med sågverk	23
3.1.1. Metodval	23
3.1.2. Intervjuguide & Frågeformulär	24
3.1.3. Urval	24
3.1.4. Datainsamling	24
3.1.5. Analys av datamaterial	24
3.2. Intervju med leverantör	25
3.3. Potentiell utbytesvinst	25
3.4. Laboration	26
3.4.1. Datainsamling & Bearbetning av material	26
3.4.2. Analys av datamaterialet	28
<b>4. Resultat</b>	<b>29</b>
4.1. Intervjuer med sågverk	29



4.1.1.	Årstidsvariation .....	30
4.1.2.	Klassläggning.....	31
4.1.3.	RS-LogProfiler3DX .....	32
4.1.4.	RS-X-Ray.....	36
4.1.5.	Microtec- Logeye .....	37
4.1.6.	Framtid & förhoppningar .....	37
4.2.	Potentiell utbytesvinst.....	37
4.3.	Laboration.....	39
4.3.1.	Barktjocklek- Diameter.....	39
4.3.2.	Barktjocklek- Fuktighet.....	40
<b>5.</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>42</b>
5.1.	Huvudresultat .....	42
5.2.	Braviken sågverks perspektiv.....	44
5.3.	Styrkor och svagheter.....	45
5.4.	Metodval .....	46
5.4.1.	Intervjuer .....	46
5.4.2.	Potentiell utbytesvinst .....	47
5.4.3.	Laboration .....	47
5.5.	Framtida arbete .....	47
5.6.	Slutsatser.....	48
	<b>Referenser.....</b>	<b>49</b>
	<b>Bilaga 1.....</b>	<b>52</b>
	<b>Bilaga 2.....</b>	<b>53</b>
	<b>Bilaga 3.....</b>	<b>55</b>
	<b>Bilaga 4.....</b>	<b>56</b>
	<b>Bilaga 5.....</b>	<b>57</b>
	<b>Bilaga 6.....</b>	<b>58</b>
	<b>Bilaga 7.....</b>	<b>59</b>
	<b>Bilaga 8.....</b>	<b>60</b>
	<b>Bilaga 9.....</b>	<b>61</b>



# 1. Inledning

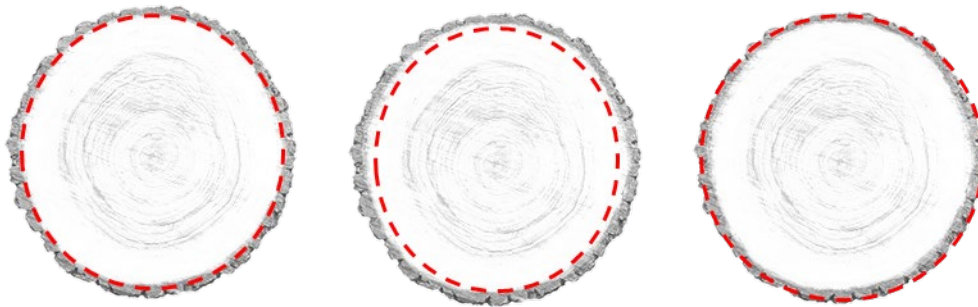
## 1.1. Bakgrund

I Sverige har sågverksindustrin gått från att vara ett hantverksarbete till en i stort sett helt automatiserad verksamhet med ständiga expansioner. Historiskt sett har lönsamheten vid sågverk varit begränsad och redan från sent 1800-tal har konkurrens och rationalisering präglat sågverksbranschen, vilket inneburit krav på en varaktig utveckling av verksamheten för att kunna bibehålla sin plats på marknaden (Lundén 2015). Sågverksindustrin har länge visat en nedåtgående trend sett till antalet sågverk. Mellan 1953 till 1973 halverades nästan antalet sågverk samtidigt som den totala produktionen fördubblades (Grönlund 1992, del 2). Hög produktivitet, flexibilitet och kostnadseffektivitet har visat sig vara nyckelparametrar för framgång och lönsamhet (Lundén 2015). Den höga produktionsökningen sedan 50-talet kan förklaras med tekniska framsteg och mekanisering som sågverksindustrin genomgått (Grönlund 1992, del 2). I början av 1950-talet började virkessorteringen automatiseras och snart gick det att kvalitets- och längdjustera stockarna med endast en knapptryckning. Virket kunde även automatiskt föras vidare till ett förutbestämt fack med bestämd kvalitet och dimension. Det var dock först i början av 1980-talet som mätteknologin tog fart ordentligt och det var också då den första röntgentekniken presenterades kommersiellt. Sedan dess har utvecklingen varaktigt fortsatt och idag är det en högteknologisk process, som i princip sedan början av 2000-talet går att styra genom hela kedjan med hjälp av någon form av teknologi (Thörnqvist 2015).

Råvarukostnaden är den enskilt största kostnadsposten för sågverk. Lindholm (2006) presenterade i en enkätundersökning att medelråvarukostnaden i Sverige år 2006 stod för 63 % av de totala kostnaderna. Maximalt utnyttjande av råvaran är därför av största vikt för hög lönsamhet och god ekonomi (Grönlund 1992, del 1). Likväl är integrerad produktionsplanering av stor vikt i och med att efterfrågan styr produktionsplaneringen, det vill säga vad som ska sågas och i vilken omfattning för planerat kvalitetsutfall. Vid ett annat kvalitetsutfall än planerat blir följden; ett överskott av vissa kvaliteter och underskott på andra. Överskott på oplanerade kvaliteter riskerar att leda till ett oönskat lager, vilket i sin tur kan leda till högre

lagerkostnader, platsbrist och kvalitetsnedsättningar på virket. Alla produkter är mer eller mindre kundorienterade, även standardprodukter, vilket blir alltmer vanligt för att undvika onödig lagerhållning. För att undvika stora lager är det viktigt att leverera ut kvantiteter och för att uppnå detta måste produktionen ske mot ett direkt behov. Samtidigt är lager en förutsättning för att möta efterfrågan och lagertillgängligheten handlar om förmågan att kunna leverera en vara till en kund (Mattson 2015).

Högt sågutbyte innebär att största möjliga andel sågad vara kan erhållas från varje enskild stock och detta uppnås med en bra och tillförlitlig sortering. Om mätramen överskattar diameter under bark blir postningsmönstret inte optimalt för stocken, likaså om mätramen istället underskattar diametern. För bästa utbyte, lönsamhet och kontroll på kvalitetsutfall är därför önskvärt att fånga diametern under bark så bra som möjligt (Figur 1).



**Figur 1.** Schematisk bild av stockar vid bedömning av diameter under bark, där vänster stock illustrerar en korrekt diameterbedömning fast under bark, mitten: en underskattning och till höger en överskattning.

*Figure 1. Schematic illustration of logs when estimating diameter under bark, where left log illustrates a correct diameter estimate solid volume, middle: an underestimate and to the right an overestimate.*

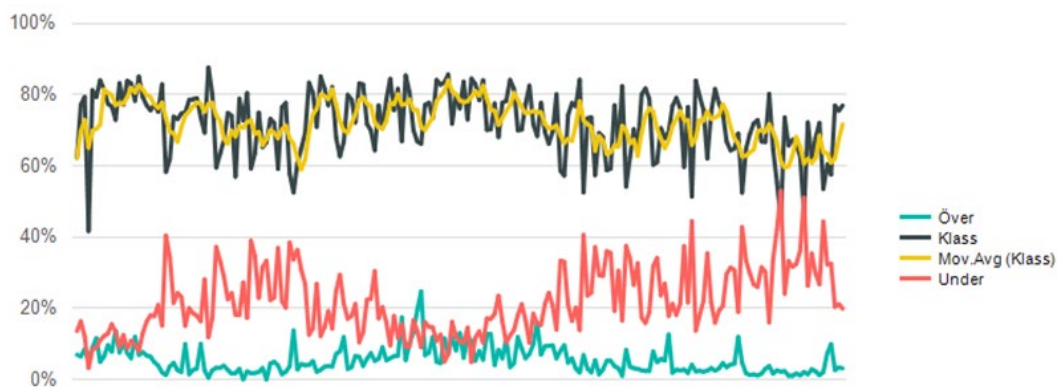
## 1.2. Braviken sågverk

Bravikens sågverk är en del av Holmen Timber AB, vilket i sin tur är en del av Holmenkoncernen. I Holmenkoncernen finns fem affärsområden; skog, kartong, papper, trävaror och energi. Holmen är, med sitt skogsinnehav, en av de största skogsägarna i Sverige med ca en miljon hektar produktiv skogsmark och det avverkas årligen uppemot tre miljoner kubikmeter. Det största skogsinnehavet finns i verksamhetsområdet region nord. Braviken sågverk är belägen i Norrköping där det är region syd som ansvarar för anskaffning av råvaror till sågverket, främst genom köp från privata skogsägare (Holmen Skog 2020). På Bravikens sågverk

sågas ca 25 % tall och 75 % gran. Främst produceras konstruktionsvirke av gran till bygghandeln medan furu går till impregnerat konstruktionsvirke eller snickerivaror. Den största delen av de producerade varorna går till den skandinaviska marknaden (34 %) och resterande volymer går på export till andra marknader där Storbritannien, Nordafrika och mellanöstern är de största marknaderna (Holmen 2017). Bravikens sågverk invigdes år 2011 med målet att bli Sveriges mest producerande sågverk och har sedan dess gjort ständiga investeringar och expansioner för att öka produktionen och möta marknadens efterfrågan på nya produkter. De senaste investeringarna till området är utbyggnaden av ytterligare ett justerverk samt två vandringsstorkar som planerades sättas i bruk våren 2020. Det finns 104 olika fack i timmersorteringen, där sortering sker på diameter och längd. På sågverket körs både fasta och rörliga postningar i varierade diameterintervall (Ståhl 2019).

### 1.3. Problemformulering

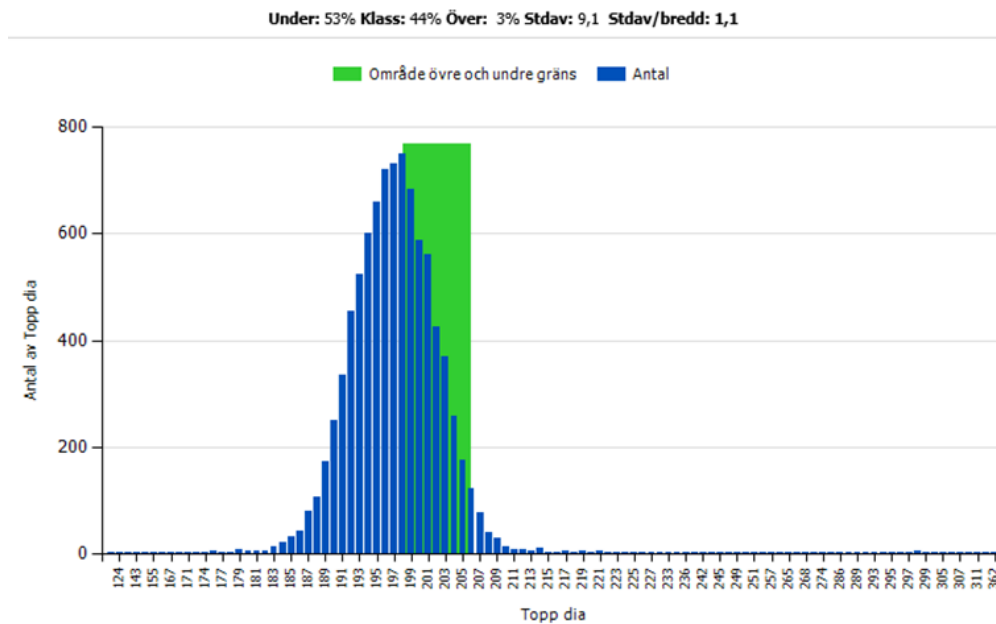
Bravikens sågverk har uppmärksammat att många granstockar som mäts in ligger utanför sågtimmerklasserna under vissa delar på året, framförallt vid senhöst och vinter då en betydande del av virket ligger under sågtimmerklassen (Figur 2). Det är viktigt för sågverket att få korrekt diameter på stockarna, utan förekomst av årstidsvariation, i timmersorteringen/kvalitetsutfall.



**Figur 2.** Trenddata för gran (utan korrigeringar i sortbilningstabellen). Där x-axeln visar dagar från 1 januari 2018 till 31 december 2018 och y-axeln procent träff i klass. Svart linje: träff i rätt sågtimmerklass. Gul linje: glidande medelvärde, Röda linje: under sågtimmerklassen, Blå linje: över sågtimmerklassen. Bild från Bravikens sågverks produktionsuppföljningsprogram.

**Figure 2.** Trend data for spruce (without corrections in the sorting table). Where the x- axis shows days from January 1, 2018 to December 31, 2018 and the y- axis percent in class. Black line: Correct timber class. Yellow line: moving average, Red line: Below the timber class, Blue line: above the timber class. Image from Bravikens sawmill's production program.

Det är även önskvärt att minska standardavvikelsen för att få fler stockar inom rätt



**Figur 3.** Träffsäkerhet i en sågorder på gran (utan justering). Där x-axeln visar diameter i millimeter från 1 november till 1 december 2018. Sågtimmerklassens undre gräns: 198 och övre gräns: 206. Bild från Braviken sågverks produktionsuppföljningsprogram.

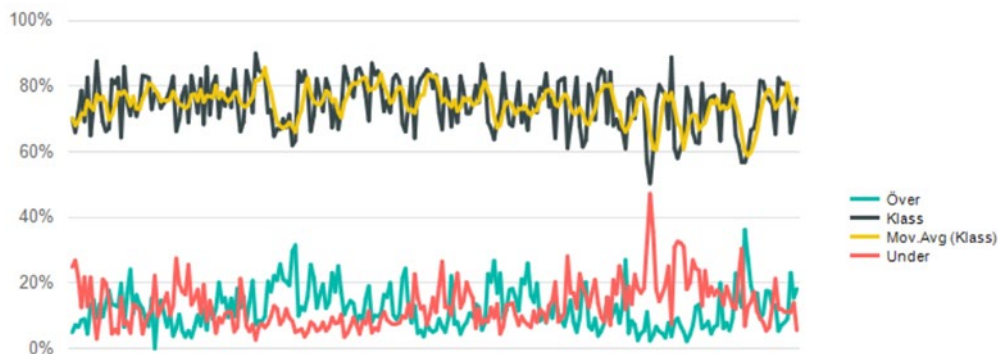
**Figure 3.** Hit rate in one saw order (without adjustment). Where x-axis represent diameter in millimeter from November 1 to December 1, 2018. The timber class's lowest limit: 198 and highest limit: 206. Image from Braviken sawmill's production program

sågtimmerklass (Figur 3). Anledningen till att andelen stockar hamnar utanför klasserna tros bero på en felaktig diameterbedömning, vilket i sin tur troligen beror på att det sker ett felaktigt barkavdrag på stockarna.

Sågverkets mätstation var, vid tiden för studien, utrustad med en 3D-mätram och under våren 2019 kompletterades mjukvaran med funktionen ”automatisk underbarksmätning” även kallad trakeidmetoden. Komplettering av automatiskt barkavdrag implementerades efter upptäckten att vissa stockars barktjocklek felbedömdes. Felet bedömdes bero på att manuell mätning baserades på en partibedömning, där en medelbarktjocklek togs ut för hela partiet, då mätarna inte hann bedöma varje enskild stock. Skillnaden mellan stockarna inom samma parti kunde vara stor, vilket ledde till att vissa stockar blev felbedömda. Även om medelvärdet inom ett parti stämde, så blev bedömningen fel på de stockar som hade tjockare eller tunnare bark än medelvärdet inom partiet. Målet är att varje stock ska bedömas korrekt (Ståhl 2019).

Skillnaden mellan manuell och automatisk bedömning av barktjockleken är att 3D-mätramens system automatiskt bedömer och väljer mellan fyra olika klasser istället för att en mätare trycker manuellt. Ett problem är att värdena i tabellen för

automatisk barkmätning är konstant över året medan barktjockleken verkar variera. Under tiden för studien kompengaserades problemet genom att manuellt justera stockarnas diameter i sortbildningstabellen under vissa tider på året, vilket skedde genom att flytta hela sågtimmerklassen upp eller ner för att motverka att stockarna kom utanför sågtimmerklassen. Avvikelsen upptäcks genom att studera barkade stockar som gick in i sågen mot 3D-mätramens barktjockleksbedömning. Omsorteringstester av barkade stockar visade att diameterbedömningen mellan mätramen vid inmätningen och mätramen innan sågen överensstämde. Jämförelsen studeras med sågverkets produktionsuppföljningsprogram, som tar ut andelen träff i klass (Figur 2). När trenden visar att en andel av timret ligger under eller över sågtimmerklassen justeras diameterklassens tröskelvärden upp eller ner i



**Figur 4.** Trenddata för gran (med korrigering i sortbildningstabellen). Där x-axeln visar dagar från 1 januari 2019 till 1 december 2019 och y-axeln procent träff i klass. Svarta: träff i rätt sågtimmerklass. Gula: glidande medelvärde, Röda: Under sågtimmerklassen, Blå: över sågtimmerklassen. Bild från Braviken sågverks produktionsuppföljningsprogram.

**Figure 4.** Trend data for spruce (with corrections in the sorting table). Where the x-axis shows days from January 1, 2019 to December 1, 2019 and the y-axis percent in class. Black line: Correct timber class. Yellow line: moving average, Red line: Below the timber class, Blue line: above the timber class. Image from Braviken sawmill's production program.

sortbildningstabellen för att erhålla en bättre träffsäkerhet i klasserna (Figur 4). Metoden är dock tidskrävande och en betydande volym riskeras gå igenom mätstationen innan felet upptäcks. De olika postningsmönstren fungerade därför olika bra vid olika tider på året och det blir svårt att förutsäga utfallet per kvalitét om sågverket inte hinner kompensera timmerklasserna i tid (Ståhl 2019).

Det är önskvärt att få en förutsägbar andel inom timmerklasserna vid sågverket, oavsett när på året stockarna sorteras. Förhoppningen är att en investering i en röntgenmätram ska kunna vara en lösning på problemet. Om möjligheten finns att kunna se hur stockarna ser ut under bark torde inte barktjocklekens årstidsvariationer inverka (Ståhl 2019).

## 1.4. Syfte och mål

Syftet med studien var att utreda hur granbarkens tjocklek förändras beroende på fuktighet och om det därmed finns en årstidsvariation på granstockar, samt om det går att få en förbättrad sortering av grantimmer utan några årstidsvariationer med röntgen eller alternativ mätteknik.

Målet med studien är att resultatet ska ligga till grund för sågverkets fortsatta utveckling och som underlag för beslut om investering av en ny mättram.

### Frågeställningar

1. Hur arbetar andra sågverk med sortering av grantimmer och upplever de problem med diameterbedömningen under bark?
2. Har sågverk med annan utrustning vid inmätningen en mindre årstidsvariation?
3. Ger en ökad toppdiameter en ökad barktjocklek, som dagens barkfunktioner bygger på?
  - a. Hypotes 1: Det finns en positiv korrelation mellan toppdiameter och barktjocklek.
4. Beror årstidsvariationen för grantimmer på att granbarkens tjocklek förändras vid olika fuktförhållanden?
  - a. Hypotes 2: Det finns en signifikant skillnad på barktjockleken mellan någon av grupperna: torr, fuktig och ingen behandling.
5. Vilket löfte om förbättrad träff i klass har andra sågverk fått och vad blir den förväntade vinsten i volym, tid och träff i klass för Braviken sågverk?

## 1.5. Avgränsningar

Studien avgränsades till sågverk som är geografiskt belägna i Sverige.



## 2. Teori

### 2.1. Timmersortering

Alla stockar ser olika ut och dess utseende och form gör dem därför svårbeskrivna, men gemensamt för alla är att de är rund- eller ovalformade. Skillnaden i egenskaper innebär även skillnad i ekonomiskt värde då en grövre stock och ökad rakhet ger ett högre sågutbyte. Krokiga, deformerade och klenare stockar ger ett sämre sågutbyte och därmed ett lägre ekonomiskt värde (Grönlund 1992, del 2).

Syftet med att timmersortera stockarna är dels för att utföra vederlagsmätning, men syftar även till bortsortering och sågklassläggning. Vederlagsmätningen är den betalningsgrundade mätningen. Avvikande stockar, som av olika anledning inte passar in i produktionen såsom för klen eller grov diameter, sorteras bort. Krök eller annan skada på stocken kan också leda till bortsortering. Syftet med sågklassläggningen är att sortera stockar med liknande diameter, längd eller kvalité tillsammans. Virkesmätningen bygger på virkesmätningens lag tillsammans med skogsstyrelsens föreskrifter (Biometria 2018) och nästan uteslutande all virkesmätning i Sverige sker via organisationen Biometria. Deras uppdrag är att ge en opartisk bedömning av timret, så att både köpare och säljare ska få en rättvis bedömning av den betalningsgrundade vederlagsmätningen. Det är i regel även Biometria som har hand om bortsorteringen samt timmerklasseringen till sågen. En bedömning görs av stockens egenskaper, såsom längd, kvalité och diameter under bark. Vidare tilldelas stockarna en sågtimmerklass efter restriktioner i en sorteringstabell och placeras därefter till olika fack. De olika sågtimmerklasserna har olika alternativa postningsalternativ för optimalt utbyte (Biometria 2019). För att optimera postningen tas en inmätningdiameter ut i form av en cylinder från någonstans mellan 5- 30 cm på stockens topp (Figur 5) (Nylinder & Fryk 2011).

Det görs även en uppskattning av barkandel, där en procentuell andel bark används i en barkfunktion (Bilaga 7).

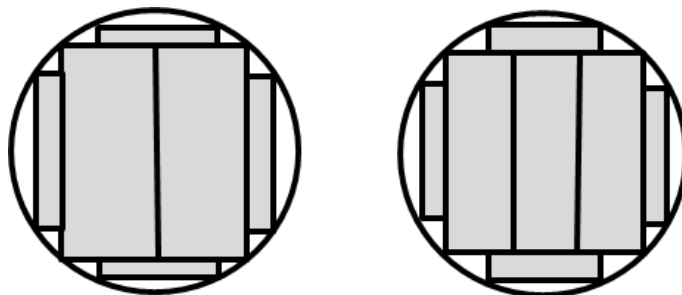


**Figur 5.** Sorteringsgrundande diameter på Braviken sågverk för postning under bark. Minsta diameter mellan 5- 30 cm från stockens topp. Ursprungsbild från: Biometria 2019.

**Figure 5.** How to classify diameter on Braviken sawmill for dimensions of sawing yield. The lowest diameter within 5 to 30 cm from the top of the log. Original image from: Biometria 2019.

## 2.2. Postning & utbyte

Postning är det begrepp som förklarar vilket mönster som stocken sågas efter (Figur 6). Underlag till de olika typer av postningsmönster beror på vad sågverket planerar att producera utifrån framtagna postningsinstruktioner. Postningsinstruktionerna påverkas av bland annat marknaden, råvaran och sågverkets kapacitet (Grönlund 1992, del 2). Val av postningsmönster för ett stockparti beror i sin tur på parametrar såsom stockens form, diameter, längd och avsmalning. För varje enskild diameter finns en mängd alternativa postningsmönster (Grönlund 1992, del 2). Det går att använda sig av rörlig- eller fast postning. Rörlig postning innebär att ett postningsmönster ställs in för varje enskild stock. Fördelarna med detta är att varje enskild stock kan optimeras och utfallet blir mer pålitligt, men det ger en lägre produktionshastighet då en omställning av servon måste genomföras inför varje stock, vilket i sin tur leder till en större stocklucka. Fasta postningar innebär istället att stockar av liknande dimensioner och kvalitet delas upp i olika sågtimmerklasser och sågas med samma postningsmönster i serier. Utbytet för varje enskild stock optimeras inte, men istället går det att ha en hög produktionshastighet med liten stocklucka (Esping et al. 2006).



**Figur 6.** Exempel på fasta postningsmönster.  
*Figure 6.* Example of fixed dimension of sawing yield.

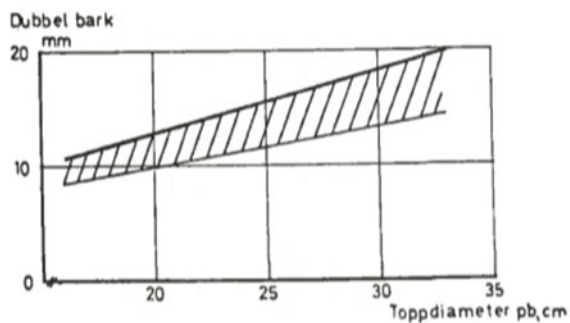
Postningsmönster har stor betydelse för sågutbytet, vilket i sin tur beror på utnyttjandet av totala stocken som blir till sågad vara. Ett postningsmönster som utnyttjar hela stocken, utan för stor förlust i form av vankant leder därför till ett högt sågutbyte (figur 6). Utbyte går att mäta genom volym, kvalitet eller värde (Nylinder & Fryk 2011). Det genomsnittliga sågutbytet var 49,3 %, med en variation mellan 35 -till 65 %, i Sverige år 1990. Variationen kan förklaras med osäkerhet i beräkning, variation mellan sågverkstyper och sågverksstorlek (Grönlund 1992, del 2). Lindholm (2006) presenterade i sitt examensarbete att ett ökat sågutbyte med en procents ökning, från 49 % till 50 % ( $m^3sv/m^3fub$ ), gav en marginalvinst på 1 327 857 kr årligen för ett sågverk med en årsvolym på 130 000  $m^3sv$  (Lindholm 2006). Beräkning av ekonomiskt utbyte görs genom en beräkning av ekonomisk produktion och en utbytesberäkning. Ekonomisk produktion stäms av månadsvis på Braviken sågverk, genom att studera lagerförändringar samt utgående leveranser. Vidare justeras det mot inköpta varor, uttag av egna varor och inventeringsdifferenser. Utbytet beräknas genom att timmerförbrukningen fastställs efter inventering av timmerlager, ingående balans och inmätt volym som ställs mot det inventerade timmerlagret (bilaga 8) (Starenhed 2019).

### 2.3. Bark

På de allra flesta sågverk sker diametermätningen på bark, men vid postningen är det måttet under bark som är intressant. Vid mätning på bark måste därför ett barkavdrag göras. Oftast uttrycks barktjockleken som den dubbla barktjockleken, på grund av att hela diametern mäts under stockens bark, det så kallade barkavdraget (Grönlund 1992, del 1). För gran finns klasserna 0 till 3, vilket representerar ingen-, tunn-, mellan- eller tjock bark. Vid ett manuellt barkavdrag görs en visuell uppskattning från mätaren (Nylinder & Fryk 2011). Vid automatiskt barkavdrag sker istället klassningen med hjälp av en 3D-mätram i kombination av olika barkfunktioner. Automatiskt barkavdrag är tillåtet att använda om det godkänns

från VMK, Virkesmätning kontroll (Biometria 2019). Det är VMK som typgodkänner all ny teknik och metodik som används på svenska sågverk för den betalningsgrundande virkesmätningen. Ett typgodkännande består oftast av två godkännanden; ett mätningstekniskt- och ett funktionalitetsgodkännande. Mätningstekniskt handlar det om tekniken och metodens mät noggrannhet. Funktionaliteten är istället en förklaring på hur tekniken kan nyttjas i praktiken (VMK 2019). Vid automatiskt barkavdrag används ofta trakeidmetoden, vilket innebär att laser skiljer ved från bark. Mätfel kan bland annat bero på att snö och is kan misstas för ved medan smuts och blånad på ytan av stocken kan misstas för bark. Följden blir att stockens diameter över- eller underskattas på grund av en felaktig bedömning av barkandel. Det är därför viktigt att kontrollera inställningarna på mätrammen så att den kan kompensera för dessa problem. För automatisk barkmätning med trakeidmetoden krävs ett barkavskav på minst 4 % på stocken, vilket oftast förekommer. Vidare beräknas diametern under bark genom estimering från närliggande barkavskav, för andel bark på stocken (Biometria 2019). Om det är för lite barkavskav på stocken måste bedömningen genomföras manuellt eller med hjälp av modeller. Snö och is sprider laser bra och kan då klassas som barkavskav (Nyström & Hagman 2007).

Underlaget till barktjockleksfunktionerna bygger på Zaccos (1974) rapport som presenterade att den dubbla barktjockleken för grantimmer till viss del påverkas av det geografiska läget i landet samt stockens toppdiameter. Zacco (1974) visade att barktjockleken är som störst i fjälltrakterna och som minst i de tre sydligaste kustområdena i Sverige (Figur 7). Längden på stocken och bonitet visade sig vara betydelselös.



**Figur 7.** Dubbla barktjockleken som funktion av toppdiametern. Övre linjen representerar fjälltrakten, med tjockast bark i landet och den nedre linjen, områdena Halland, Skåne, Blekinge med tunnast bark i landet. Källa: Zacco (1974)

*Figure 7. Double bark thickness as function of top diameter. The upper line represent the mountain areas, with thickest bark in the country and the lower line represent the areas around Halland, Skåne, Blekinge with thinnest bark in the country.*

Syftet med Zaccos rapport var att ta fram funktioner för beräkning av barkavdrag beroende på stockens toppdiameter (pb) och geografiska ursprung med hjälp av konstanter (Bilaga 1). Funktionerna nedan blev också grunden till de nationella instruktionerna för virkesmätning på timmer som gäller än idag (Biometria 2019).

$$\text{Funktion: } Y = a + bX,$$

$$Y = \text{dubbel barktjocklek},$$

$$X = \text{toppdiameter på bark}$$

Där  $a$  och  $b$  konstanter

För gran finns det 11 olika barkfunktioner, vilka är anpassade till de geografiska områden i landet som stockarna kommer ifrån, men en uppdelning utifrån barktyp saknas för gran (Bilaga 3) (Zacco 1974). Granens dubbla barktjocklek kan variera mellan 8-20 mm och utgör ca.10 till 14 % av timrets totala volym på bark (Nylinder & Fryk 2011). Standardavvikelsen för den dubbla barktjockleken för gran är mellan 2,2–3,2 mm (Zacco 1974). Vid antagande om att barktjockleken är normalfördelad kommer barktjockleken att felbedömas med mer än 2,5 mm för 35 % av stockarna enbart som ett resultat av stockarnas enskilda variation. När virke tas från områden utanför sågverkets normala upptagningsområde finns det även en risk för felbedömning på grund av de geografiska skillnader som funktionen bygger på. Diametern på stocken överskattas också ofta på grund av knölar på stocken och därför används i regel alltid stockens minsta diameter som mått. Diameterns

maximala felmätning vid minsta diametern under bark erhålls genom att addera mätprincipen, barkfunktionen, bedömning, utrustning och längdläget (Grönlund 1992, del 1).

VMF (numera Biometria) har kalibrerat fram konstanter som fungerat bäst för Bravikens sågverk (Tabell 1). Konstanterna ligger till grund för de barkavdragsfunktionerna som finns i Viol för den betalningsgrundande vederlagsmätningen. Samma konstanter och funktioner används vid den sorteringsgrundande mätningen (Ståhl 2019).

**Tabell 1.** Bravikens sågverks barkavdrag, där a och b är konstanter.

*Table 1. Braviken sawmill bark deduction factor, there a and b are constants.*

Barktyp	a (mm)	b (%)	Fvol
Ingen	- 1,00	0,00	0,00
Tunn	- 0,36	1,85	0,00
Mellan	0,46	2,78	0,00
Tjock	1,28	3,70	0,00

Vedens fukthalt är i regel högre än i barken, vilket gör att det går att skilja veden från barken i densitet. Den yttre delen av barken består av döda celler med en fukthalt på 25 % och har därför alltid en lägre fukthalt än veden som har en fukthalt på 50 %. Problem kan dock uppstå då barkens inre del, som består av levande celler, vilka har en högre fukthalt på 50–70% och därför kan misstas för ved (Nylinder & Fryk 2011). När funktionen leder till att stocken ligger över sågklassgränserna blir sågutbytet sämre, då den överskjutande volymen blir till flis. Klassas stockarna under sågklassgränsen riskerar det att bli vankant på färdigvaran. Vankant kan i sin tur leda till nedklassning eller tvingande kap för att uppfylla de kvalitetskrav som finns på färdig vara (Esping et al. 2006).

## 2.4. Tekniken

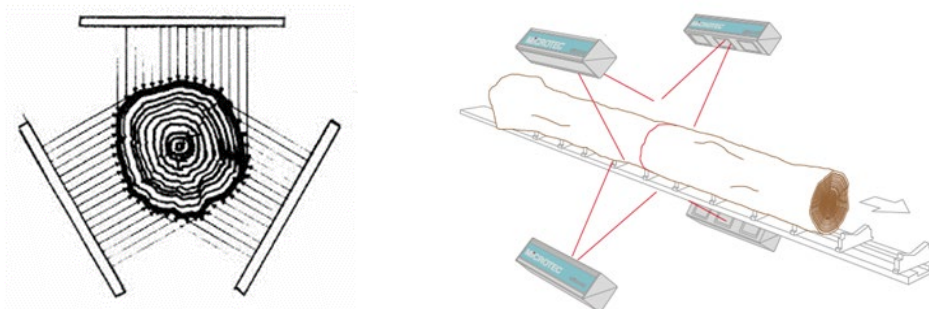
År 2015 mättes 95 % av Sveriges totala sågtimmerförbrukning in med hjälp av mätramar. Tekniker för mätramar går ständigt framåt med ny förbättrad teknik för att möta sågverks efterfrågan (Strömberg 2016).

### 2.4.1. 3D- mätram

Den vanligaste metoden för mätning av stockar vid timmersorteringar är att använda sig av en 3D-mätram (Esping et al. 2006). Av den totala sågtimmerförbrukningen i Sverige nyttjade 44 % en automatisk barkmättningsfunktion år 2015. 3D-mätramar använder laserteknik, vilket innebär att en laserlinje tar ut ett stort antal mätpunkter ut efter hela stockens mantelyta.

Mätpunkterna läser av stockens yttre egenskaper, såsom avsmalning, krök, längd och diameter. Laserljuset har en bättre spridning i ved jämfört med bark och det går därför att skilja dem åt. När ved träffas av laserljus sprids ljuset längst fiberriktningen och ger en bred och intensiv spridning i ljuset, Laserljus sprids dåligt på bark, vilket leder till att partier på stocken där bark av någon anledning saknas lätt kan upptäckas (Björklund et al 2009). RemaSawcos mätram har tre mät huvuden, vilka skickar information till ett system som sedan sammanställer hur stockens mätprofil ser ut med en hastighet på runt 15 000 mätningar per sekund (Figur 8) (Rema 2019:1). Tekniken är väl etablerad och år 2015 uppmättes 65 % av den totala andelen sågtimmer i Sverige in med en 3D-mätram, vilket var en ökning från 53 % år 2008. Sågverk med godkänd automatisk underbarksmätning stod för 44 % av den totala inmätta sågtimmerandelen år 2015. Ökningen av användandet för sortering och ersättningsgrundande mätningar under bark har fortgått ända sedan introduktionen av 3D-mätramen, trots den begränsande funktionen under vintermånaderna. SDC presenterade år 2015 att fyra av fem sågverk använder automatisk inmätning av stockar avseende diameter och längd och 3D-mätramar står för den betydande andelen (Strömberg 2016).

Leverantören Microtec 3D- mätram; Logeye har fyra mätmoduler runt stocken med 50 graders uppskattning (Figur 8). Varje mätmodul innehåller en laser och två kameror (en främre och en bakre). Placeringen av kamerorna fram och bak är till för att undvika felmätning på grund av skuggzoner av utstickande bark eller andra defekter på stocken. Diameter under bark beräknas av en kombination av laser och bildanalys. Bildanalysen ser skillnad på ved, bark och snö genom en färgskala. Is och svartved kan vara svårare att detektera med kamerorna. Tillsammans med bildanalys och laser går det att se från vilken del av stocken som 3D- och bildanalysen kommer ifrån (Microtec 2019).



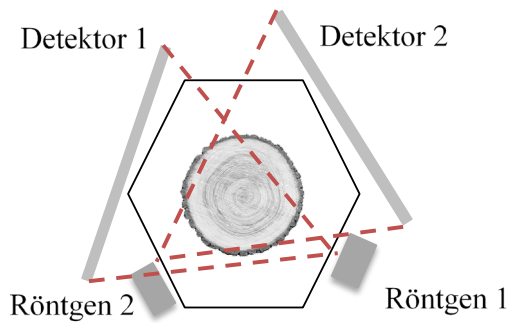
**Figur 8.** Vänstra bilden är en 3D-mätram med tre mät huvuden med laserljus, enligt RemaSawcos modell. Högra bilden illustrerar Microtecs mätram (Logeye) med fyra mät huvuden inkluderande laser och bildanalys i varje mät huvud, vänster illustration: Virkesmättningsrådet 2000. Höger illustration: Microtec 2019.

**Figure 8.** Left image is a 3D- measurement frame with three measuring heads with laser, RemaSawco's model. Right image illustrate Microtec's measurement frame (Logeye) with four measuring heads including laser and consists of color in each measurement head. Image: (Virkesmättningsrådet 2000) and (Microtec 2019).

## 2.4.2. Röntgenmätram

3D-mätningar nyttjar laser medan röntgenmätningarna istället mäter densiteten i virket. Det finns en densitetskillnad mellan ved och bark pga. olika fuktförhållanden och främmande föremål i stocken, såsom metall, kan även upptäckas (Biometria 2019). Med hjälp av röntgenteknik går det därför att se hur stockarna ser ut i veden under bark såsom diametern, kvistegenskaper, årsringsbredd, hållfasthet och främmande metallföremål. Röntgenmätningen är kalibrerad på ett sådant sätt att den ger utslag genom den tunga veden med hög densitet men inte i den lätta barken på stocken. Därigenom går det att skilja veden från barken (Skog et al. 2010). I oktober 2015 fanns det åtta installerade röntgenmätningar i Sverige och 19 % av den totala sågtimmerförbrukningen i Sverige passerade en sådan mätning. Den höga procentandelen kan förklaras med att de åtta sågverk sågade en stor del av den totala sågtimmerförbrukningen i landet, 715 000 m<sup>3</sup>fub i medelvolym. Detta är en ökning på 60 % från 2008 jämfört med år 2015 (Strömgren 2016). Röntgenramen från RemaSawco har två mät riktningar med två detektorer för att fånga upp så stor andel av stocken som möjligt (figur 9) (Rema 2019:2).





**Figur 9.** Röntgenmättram med två mätriktningar  
*Figure 9.* X-ray with two measuring directions.

### 2.4.3. RS- LogProfiler3DX

RemaSawcos produkt LogProfiler3DX är en kombination av 3D- och röntgenram. Systemet innehåller en röntgenmättram med två mätriktningar och en 3D-mättram med tre mätenheter som har dubbla laserlinjer. De två mättramarna sitter i nära anslutning till varandra i en och samma kabinett och har en programvara som kan nyttja data från de båda mättramarna. Tekniken fungerar genom att 3D-mättramen tar ut den yttre formen på stocken med laser och röntgenramen bedömer de inre egenskaperna i stocken. Det är även röntgenmättramen som beräknar stockens barktjocklek vilket vidare dras bort från 3D-mättragens beräknade form ovan bark (Skog 2019)

Vad som skiljer LogProfiler3DX från de tidigare mättramarna från Rema är att det överordnande styrsystemet är av den svenska modellen medan mätsystemet ursprungligen är finskt (Rönnqvist 2019). För att göra underbarksmätning krävs att båda mättramarna jobbar ihop, är certifierade tillsammans och har samma styrsystem. Det går att köpa en del i taget men det går inte att kombinera en gammal 3D -eller röntgenmättram med den nya modellen för underbarksmätning (Skog 2019). Kombinationen av de två mätteknikerna ska möjliggöra en noggrannare sortering tidigt i kedjan och kan därmed också kunna kopplas direkt till olika kundorder (Rema 2020).

## 2.5. Tidigare studier

Skog et al. (2010) genomförde ett projekt med syftet att utveckla en metod där det går att kombinera 3D- och röntgendata för bättre kvalitetssortering. Ett mål i studien var att förbättra mätningen under bark. En röntgenram från Rema installerades i nära anslutning till den befintliga 3D-mättramen vid SCA:s sågverk i

Munksund. Tanken var att de två mätramarna skulle kommunicera med varandra, men kommunikationen var för långsam för att hinna göra beräkningarna. I studien undersöktes även om det gick att få en bättre kalibrering på röntgen för att beräkna barktjockleken jämfört med en 3D-mätram. Mätningarna gjordes hos Rema i Västerås som körde två omgångar med stockbitar där en mängd olika kalibreringar testades. För facit på barktjockleken hade samma stockbitar körts genom en tomograf. Resultatet visade att det går att få bra resultat på vissa stockar, dock inte alla, genom justering av kalibrering på röntgenramen. Svårigheten låg i justeringen av kalibreringen på röntgenramen så att den fungerar på alla barktyper. Andra problem som uppstod var kalibrering för hantering av barkskav och uttorkat virke. Slutsatsen blev att det var oklart hur en algoritm för automatisk barkmätning ska tas fram (Skog et al. 2010).

Wänstedt (2006) examensarbete undersökte hur barkavdrag påverkar timmersorteringen vid ett sågverk i Stugun och resultatet visar att det var ett för högt barkavdrag på samtliga timmerklasser. Studien fokuserar mest på tall och resultatet för gran kan inte anses lika säkert, då det var en liten andel gran som gick igenom mätramens under tiden för datainsamlingen. För gran hamnade 76 % av stockarna i rätt sågtimmerklass, med en möjlig potential till 78 %, dock togs proverna samma tid på året och omfattar inte någon eventuell årstidsvariation. Studien ledde till en justering av barkavdragen, vilket gav en förbättrad träff i klass på totalt 9,44 procentenheter i samtliga timmerklasser.

Stängle et al. (2017) visar i sin studie att barktjockleken på gran varierar mellan olika regioner, bestånd och på trädnivå. I studien utfördes barktjockleksmätning på 508 selektivt valda träd i 35 olika provytor, i ett tempererat skogsområde i södra Tyskland. Tillväxthastigheten visar sig även ha en stor betydelse för trädets barktjocklek, där bestånd med högre bonitet ledde till en relativt lägre barktjocklek. Provytor valdes från områden med olika höjd över havet och medeltemperatur. Både blandskog och rena granbestånd ingick, samt gallringsskogar, slutavverkningskogar och selektivt huggna skogar. Variationen mellan bestånd kunde inte förklaras med yttre miljöfaktorer eller typ av skog (blandskog, rena granbestånd, gallringsskogar, slutavverkningskogar och selektivt huggna skogar). Studien visar att åldern på träden hade en starkt positiv effekt på barktjockleken, där en ökad ålder ger en ökad barktjocklek.

## 3. Metod

Denna studie innehåller både en kvalitativ och kvantitativ del. Den kvalitativa delen avser intervjuer med sågverk och två olika leverantörer av mätramar. Den kvantitativa delen i studien innefattar en laboration för att utreda granbarkens förändring i barktjocklek beroende på fukthalten och toppdiameter. Därutöver återfinns en beräkning för potentiell utbytesvinst vid en eventuell investering av mättekniken LogProfiler3DX från leverantören RemaSawco.

### 3.1. Intervju med sågverk

#### 3.1.1. Metodval

Det är studiens syfte som ska styra val av metod (Trost 2005). Syftet med denna studie var att utreda om det finns en årstidsvariation samt om någon teknik kan hantera variationen på grantimmer. En del av syftet kan sammanfattas med att samla erfarenheter och kunskap från andra sågverk om hur de upplevde en årstidsvariation och eventuell hantering av problematiken. En annan del av syftet som avsåg att utreda om något sågverk använde teknik som kan hantera årstidsvariationen. Med det som bakgrund gjorde valet till en kvalitativ intervjustudie (Kvale & Brinkman 2013). Eftersom alla sågverk har olika förutsättningar, metoder och teknikanvändning ansåg jag det svårt att besvara syftet i en kvantitativ studie. Den kvalitativa intervjustudien syftade till att samtala om olika ämnen i forskningssyfte och metoden utmärks av att med raka och enkla frågor får komplexa svar med mycket innehåll. Vilket därmed gav en större förståelse och ett bredare perspektiv i ämnet (Kvale & Brinkman 2013).

Intervjuer kan i olika grad vara standardiserade och strukturerade. Denna studie hade en låg standardisering, vilket innebar att jag som intervjuare lät respondenten styra ordningsföljden i hög grad. Obesvarade frågor för studiens syfte försöktes täckas in med följdfrågor. Merparten av frågorna var även av öppen karaktär och intervjuerna var därför till stor grad ostrukturerade. Denna typ av intervjuer kan jämföras som ett samtal där olika frågeområden ligger som grund och den intervjuade kunde prata fritt (Trost 2005). Detta ledde vidare till intressanta infallsvinklar, åsikter, och erfarenheter från intervjupersonerna.

### 3.1.2. Intervjuguide & Frågeformulär

För att besvara studiens syfte togs ett frågeformulär fram i samråd med Braviken sågverk (bilaga 1). Trost (2005) menar att kvalitativa intervjuer inte handlar om att ställa givna frågor från ett frågeformulär. Istället ska den intervjuade styra och prata fritt om olika ämnet, med ett fåtal frågeområden. Med det som bakgrund gjordes ett framtagande av en intervjuguide. Intervjuguiden bestod av fyra frågeområden; person – och företagsbeskrivning, timmersortering, årstidsvariation samt mätteknik (bilaga 2). Upprättandet av intervjuguiden gjordes dels för möjligheten till en öppnare intervju men även för att undvika att intressant information inte beaktas. Frågorna i frågeformuläret skulle alltså besvaras, men inte nödvändigtvis i samma ordning (Kvale & Brinkman 2013).

### 3.1.3. Urval

Urvalet gjordes genom att kontakta två olika leverantörer av mätarmar: RemaSawco och Microtec. Totalt hade det installerats tre mätarmar av modellen RS- Logprofiler3DX från RemaSawco, där samtliga ingick i studien. Av de som har en X-Ray från samma leverantör gjordes ett subjektivt urval, där sågverk som sågar eller har sågat gran prioriterades. Av de som använde mätarmen Logeye från Microtec fanns det totalt tre sågverk i Sverige som sågar gran och två av dessa ingick i studien.

### 3.1.4. Datainsamling

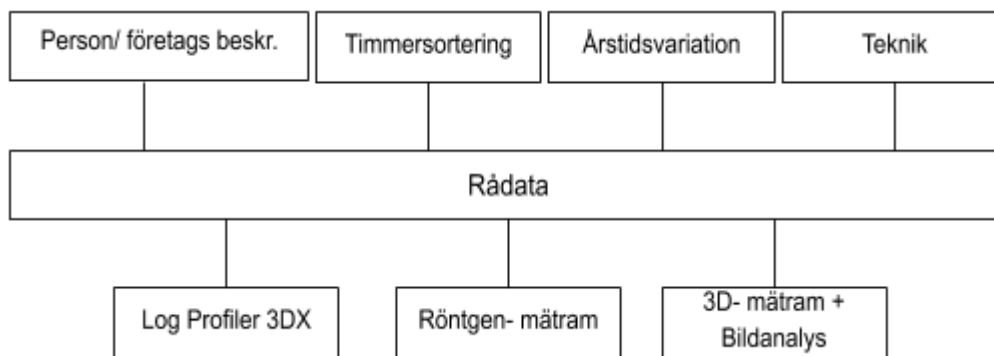
Datainsamlingen inleddes med att upprätta en kontakt via telefonsamtal till samtliga nio sågverk från urvalsgruppen. I det inledande telefonsamtalet var målet att komma i kontakt med den personen på sågverket som var mest insatt i ämnet. Vidare fick aktuell respondent förfrågan om medverkan i intervju och samtliga tillfrågade valde att medverka. Ett intervjutillfälle överenskom direkt i telefon eller via e-post. Varje intervju inleddes med en förfrågan om att få spela in samtalet som ljudfil, vilket samtliga accepterade. Syftet med inspelningarna var att underlätta den vidare analysen. För två av respondenterna som installerat mätarmen-Logprofiler3DX gjordes en uppföljande intervju två månader efter första intervjutillfället. Orsaken till de uppföljande intervjuerna var att mätarmen var relativt ny på marknaden vid tiden för studien. De nio intervjuade är anonyma i rapporten och benämns istället som sågverk A till sågverk I.

### 3.1.5. Analys av datamaterial

För att bearbeta det insamlade materialet transkriberades ljudfilerna. Materialet skrevs ner i samma ordningsföljd som intervjun. Vidare uteslöts all onödig information och en omstrukturering av material som analyserades. Detta gjordes för att underlätta analysen av intervjuerna, som blev lättare när de följde samma

struktur (Trost 2005). Tre av intervjuerna valdes att presentera mer ingående, samt med vissa utdragna citat i resultatet, onödigt material uteslöts men ordningsföljden i intervjun var den samma. Valet att behålla intervjuens ordningsföljd i resultatet gjordes för att minimera risken för feltolkning.

Analysen gjordes vidare enligt Ryens (2004) metod där datamaterialet från intervjuerna först kategoriserades efter de frågeområden som var framtagna i intervjuguiden. Sedan kopplades liknande material till det framtagna frågeformuläret. En kategorisering gjordes även efter vilken mätteknik som respektive sågverk användes, för att hitta likheter och mönster (figur 10).



**Figur 10.** Illustration av bearbetning och analys på datamaterialet från intervjuerna.

*Figure 10. Illustration of the processing and analysis of the data material from the interviews*

## 3.2. Intervju med leverantör

I studien utfördes även intervjuer med respondenter från två olika leverantörer av mätrammar. Syftet med dessa intervjuer var att få kommentarer och perspektiv från deras sida, men främst insamlande av information kring tekniken. Därför presenteras en stor del av intervjumaterialet i teoriavsnittet kring teknikens funktion. Intervjuerna med leverantörerna följde ingen intervjuguide.

## 3.3. Potentiell utbytesvinst

Studien innefattar även en beräkning av potentiell vinst vid en investering av en RS- LogProfiler3DX. Beräkningarna grundas på två stora grantimmerklasser som motsvarade 18 % respektive 12 % av totala grantimmerförbrukningen i stockantal på sågverket. Med hjälp av postningsprogrammet SDM (Sawing Decision Maker) beräknades utbytet i  $m^3sv/m^3fub$  för skarpkantig sågad vara, en utbytesberäkning

togs ut för varje millimeter i klasserna samt 7 millimeter under respektive över sågtimmerklasserna (bilaga 6 & 7).

Ett medelvärde beräknades för utbytet i klass samt ett medelvärde utanför klass (sju millimeter över och under klass). Träff i klass bedömdes vara 76 % på sågverket tiden för studien och grundades på information från sågverkets produktionsuppföljningsprogram. Det ekonomiska utbytet tiden för studien uppskattades vara 51,6 m<sup>3</sup>fub/år. Ett sågverk som hade investerat i en LogProfiler3DX hade fått bedömningen att tekniken förväntades ge 90 % träff i klass vid en 10 mm- klass, som även låg till grund för beräkning av denna potentiella utbytesvinst. Investeringskostnaden grundades på en offert från leverantören till Braviken sågverk.

### 3.4. Laboration

I studiens kvantitativa del utfördes en laboration. Syftet med laborationen var att utreda hur granbarkens tjocklek förändrades beroende på olika fuktförhållanden samt utreda om det går bekräfta att barktjockleken är beroende av toppdiametern, där en ökad toppdiameter ger en ökad barktjocklek. Variationen av barktjockleken testades därför i tre olika miljöer, med skilda fuktförhållanden; fuktig, torr och ingen behandling.

#### 3.4.1. Datainsamling & Bearbetning av material

Materialet insamlades på sågverkets timmerlager i oktober 2019, där sex trissor sågades ut från sex subjektivt valda stockar, för att säkerställa ett urval från flera olika diameterklasser (figur 2).

**Tabell 2.** Diameterfördelning av stockarna.

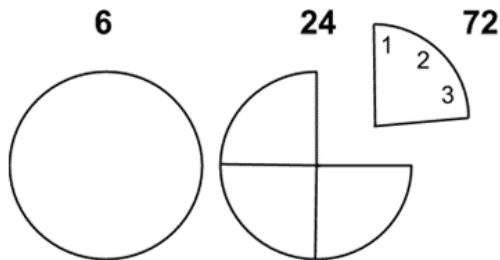
*Tabell 2. Diameter distribution on the logs.*

Timmerstock	1	2	3	4	5	6
Diameter	19,0	20,8	26,4	30,2	18,1	29,5

Samtliga trissor togs från stockarnas topp med varierande toppdiameter.

Trissorernas diameter korsklavades för att vidare delas i fyra olika prover med hjälp av en ramsåg. Totalt antal prover som ingick i studien var 24 st. På varje prov markerades tre punkter spritt över provets bark på trissans mantelyta, där bark

saknades valdes närmsta närliggande punkt med bark, vilket resulterade i 72 mätpunkter (Figur 11).



**Figur 11.** Från vänster i bilden, sex stycken trissor som delades till fyra prover per trissa, totalt 24 st. På varje prov valdes tre provpunkter, totalt 72, för beräkning av barktjocklek.

**Figure 11.** From left in the image, six pieces of test disk, which was divided into four samples per test, total 24 pieces. At each sample, three test points where selected, total 72 samples, for calculating bark thickness.

Proverna behandlades i två olika fuktförhållanden: Fuktigt och torr, samt mätningar där ingen fukt tillförts (ingen behandling). "Ingen behandling" grundades på SMHI:s data för medeltemperatur under höstmånaderna på sågverkets geografiska lokal, med en normal luftfuktighet (Tabell 2) (Wern 2013) .

**Tabell 3.** Laborationens miljöförhållanden.

**Table 3.** The lab's environmental conditions.

Miljö	Förhållande	Tidsspann för prov
Fuktig	Bark 100 % vattentäkt	1 dygn
Ingen behandling	9 °C, normal luftfuktighet	2 dygn
Torrt	105 °C, fibermättnadspunkten	2 dygn

Laborationen inleddes med att trissor var i en temperatur på 8-9 °C under två dygn. Anledningen till tidsspannet var att materialet tidigare hade varit fryst. Efter två dygn mättes barktjockleken på samtliga 72 stycken provpunkter med hjälp av ett skjutmått med 0,5 mm noggrannhet. Vidare behandlades trissor i fuktig miljö, där barken helt blötlagdes under ett dygn. Nya mätningar av barktjocklek upprepades på samtliga prover. Slutligen placerades proverna i en virkestork, i 105 °C, tills fibermättnadspunkten (FMP) var uppnådd. FMP ansågs vara uppnådd när virket slutade minska i vikt vid två givna tidpunkter. Övergripande såg arbetsprocessen ut enligt följande:

1. 8-9 °C under två dygn (tina och viss torkeffekt)

2. Mätning av barktjocklek.
3. Blötläggning (1 dygn)
4. Mätning av barktjocklek.
5. Virkestork 105°C (FMP)
6. Mätning av barktjocklek.

### 3.4.2. Analys av datamaterialet

Bearbetning av materialet gjordes genom att ta ut ett medelvärde av mätpunkterna avseende barktjocklek för varje enskild trissa. Eftersom varje trissa hade totalt fyra prover med tre mätpunkter på respektive prov, beräknades ett medelvärde ut av totalt 12 värden för respektive sex trissor (Figur 11).

Analysen av datamaterialet inleddes med att testa korrelationen mellan grupperna; fuktig, torr, ingen behandling och toppdiameter. Korrelationstestet utfördes med Pearsons korrelationstest.

För att se om hypotesen: *”Det finns en signifikant skillnad på barktjockleken mellan någon av grupperna: torr, fuktig och ingen behandling”* gäller, utfördes analyser i statistikprogrammet Minitab. För analyserna användes de icke-parametriska testerna: Kruskal- Wallis och Mann-Whitney test. Kruskal- Wallis test utläste om det fanns en signifikant skillnad mellan grupperna, det vill säga om alla medianer var lika eller om minst en median skiljde sig. De grupper som testades var barktjockleken i miljöerna: fuktig, torr samt ingen behandling, med en 95 % - ig signifikansnivå. Ett signifikant resultat innebar att minst en grupp skiljde sig från en annan, med ett P-värde under 0,05. För att testa vilka grupper som skiljde sig så utfördes en analys med Mann-Whitney test, för att utläsa exakt mellan vilka grupper det fanns en signifikant skillnad. Testet med Mann-Whitney upprepades tre gånger mellan; fuktig-torrt, fuktig- ingen behandling samt torrt- ingen behandling. Resultatet jämfördes mot en 98,3 % -ig signifikansnivå, där P-värde mindre än 0,0167 indikerade en signifikant skillnad (Samuels, Witmer & Schaffner 2016).

För att besvara om den andra hypotesen *”Det finns en positiv korrelation mellan toppdiameter och barktjocklek”* gäller användes Excell och Minitab. För att visuellt utläsa om det fanns en linjär trend mellan grupperna togs ett punktdiagram ut med trendlinje och linjens förklarandegrad ( $R^2$ ). För vidare analys användes Mann-Whitney test för att testa om det går bekräfta att barktjockleken är beroende av stockens toppdiameter. Ett medelvärde för barktjocklen togs ut per trissa vid ingen behandling, som vidare testades mot trissornas diameter.



## 4. Resultat

### 4.1. Intervjuer med sågverk

Respondenternas befattning skiljde sig åt avseende roll på sågverket och anställningstid. Gemensamt för alla respondenter var att de ansågs vara den personen på sågverket som var mest insatta i ämnet kring inmätning och teknik. De flesta av respondenterna hade en lång erfarenhet på samma sågverk, vilket skiljer sig mot framförallt respondenten från sågverk E, som vid intervjutillfället var nyanställd. Av den totala årsförbrukningen sågades en större andel grantimmer jämfört med talltimmer vid tre sågverk. På ett sågverk var fördelningen mellan gran och tall lika stor. Resterande sågverk sågade en större andel tall, där två i regel endast sågade tall på anläggningen (*sågverk E & G*). Av alla sågverk var det totalt 7 av 9 som hade en röntgen på anläggningen, resterande två använde en 3D-mätram med inkluderad bildanalys från Microtec (Tabell 3).

**Tabell 4:** Intervjuer med sågverk, grundinformation. TGL= Träslagsfördelning.

**Table 4.** Interviews with sawmills, basic information. TGL= Wood sort distribution.

Sågverk	TGL, G/T (%)	Mätram	Teknik	Leverantör
A	75/ 25	LogProfiler3DX	Komb. 3D & Röntgen	RemaSawco
B	70/30	LogProfiler3DX	Komb. 3D & Röntgen	RemaSawco
C	25/75	LogProfiler3DX	Komb. 3D & Röntgen	RemaSawco
D	35/65	X-Ray	Röntgen	RemaSawco
E	0/100 <sup>1</sup>	X-Ray	Röntgen	RemaSawco
F	50/50	X-Ray	Röntgen	RemaSawco
G	0/100	X-Ray	Röntgen	RemaSawco
H	70/30	Logeye	3D & Bildanalys	Microtec
I	100/0	Logeye	3D & Bildanalys	Microtec

1: Sågverket har tidigare sågat grantimmer.

1: Sawmill used to process spruce timber.

För samtliga som har investerat i en LogProfiler3DX (3 av 9) var huvudsyftet att få en bättre underbarksmätning på grantimmer. För övriga (4 av 9) som hade en röntgenmätram som inte integrerade med en 3D-mätram var huvudsyftet med

installationen att få en förbättrad inre kvalitetsmätning på tall. Två sågverk använde en 3D-mättram med inkluderande bildanalys för underbarksmätning.

#### 4.1.1. Årstidsvariation

Av samtliga intervjuade sågverk upplevde 8 av 9 att det finns en årstidsvariation på grantimmer och att årstidsvariationen förklaras med att barktjockleken förändras över året. De flesta uttryckte att den största anledningen till problematiken berodde på att barken sväller på hösten. Andra anledningar som nämndes var att barken fryser på vintern och därmed expanderar så barken blir tjockare. Av alla som upplevde årstidsvariation på grantimmer var det 50 % som upplevde att årstidsvariationen gav problematiska följder på deras sågverk (Tabell 4).

**Tabell 5** Övergripande sammanställning om upplevd årstidsvariation hos sågverk.  
*Table 5. General statements about seasonal variation at sawmills.*

Sågverk	Upplever du en årstidsvariation på grantimmer?	Vad tror du årstidsvariationen beror på?	Upplever ni problem med årstidsvariationen på sågverket?
A	JA	Barken	JA
B	JA	Barken	JA
C	JA	Barken	JA
D	JA	Barken	JA
E	VET EJ	-	NEJ
F	JA	Barken	NEJ
G	JA	Barken	NEJ
H	JA	Barken	NEJ
I	JA	Barken	NEJ

Av de som upplevde problematik med årstidsvariation (4 av 9), hade tre av fyra sågverk arbetat aktivt med åtgärder för att motverka årstidsvariationen, det fjärde (sågverk C) hade vid ett fåtal tillfällen vidtagit åtgärder. Två sågverk (B och D) hade aktivt vidtagit åtgärder genom att ändra sågtimmerklassens tröskelvärden, alltså genom att ändra min- och maxdiametern i sortbildningstabellen. Metoden upplevdes ha fungerat relativt bra, men aldrig blivit "helt hundra". Sågverk A hade istället mött problemet genom att försöka påverka Biometria att justera sin barkandel i beräkningsmodellen, vilket ledde till en förbättring under en period, tills barken förändrades igen (Tabell 5).

**Tabell 6.** De som svarade JA på ”Upplever ni problem med årstidsvariationen på sågverket?”  
**Table 6.** Those who answered YES to "Do you experience problems with the seasonal variation at your sawmill?"

Sågverk	Åtgärder för att minska årstidsvariationen.	Såg ni en förbättring av åtgärderna?
A	Påverka Biometria. Investerat i en ny mätram.	JA
B	Ändra tröskelvärdena i sågtimmerklasserna. Investerat i en ny mätram.	JA
C	Ändra i sågtimmerklasserna, dock endast ett fåtal gånger. Investerat i en ny mätram.	JA
D	Ändra tröskelvärdena i sågtimmerklasserna.	JA

Resterande 5 av 9 (sågverk E, F, G, H, I), där samtliga förutom en upplevde årstidsvariation, upplevde ingen problematik kring årstidsvariationen på sågverket av andra orsaker. Sågverk E sågade vid studiens genomförande ingen gran på sågen och senast de sågade gran var det under sommaren och de kunde därför inte uttala sig om huruvida det finns en årstidsvariation eller inte. Sågverk F använde sig endast av rörliga postningar på sågverket och ansåg därför att årstidsvariationen spelar mindre roll för hur väl barktjockleksbedömningen stämmer in. Sågverk H och Sågverk I tyckte att deras mätram klarade av att möta årstidsvariationen bra.

#### 4.1.2. Klassläggning

Huvuddelen av sågverken gjorde uppföljning i hur hög träffsäkerheten var i sågtimmerklasserna genom att jämföra resultatet från två olika mätamar. Underbarksbedömningen vid inmätningen jämfördes mot diametermätningen i mätrammen innan sågen, då stocken är utan bark. Sågverk D använde även funktionen ”digitala sågverk” som innebär automatisk rapportering när en viss andel ligger utanför sågtimmerklassen, baserat på datamaterial från de två mätaramarna. Syftet med funktionen ”digitala sågverk” är att undvika att behöva aktivt sitta och studera träffsäkerheten regelbundet, utan istället får automatisk rapportering och varningssignal när viss volym tenderar att sticka iväg, över eller under sågtimmerklassens normalfördelningskurva. Ett fåtal sågverk använde manuell kontrollering av träff i sågtimmerklass, genom att jämföra mätaramens barkbedömning mot klavade stockar efter barkning. Sågverk I hade en 3D-mätram innan och efter barkning som de kontrollerade veckovis att barkbedömningen i den ”första” mätrammen var korrekt. Kontrollerna utfördes för att kontrollera att den

vederlagsgrundande bedömningen stämde, men för sortering var detta inte aktuellt då stocken redan är barkad.

#### 4.1.3. RS-LogProfiler3DX

Totalt fanns det tre sågverk (A, B & C) i Sverige som hade installerat denna typ av mätram vid tiden för studien. För samtliga införskaffades tekniken som ett paket, alltså med en 3D -och röntgenmätram i nära anslutning till varandra, placerade i samma kabinett. De två mätramarna ska tillsammans bedöma barktjockleken. Installationerna på samtliga sågverk var relativt ny och därför utfördes en uppföljande intervju med två av respondenterna, två månader efter första intervjutillfället (tabell 6).

Vid samtliga sågverk var huvudanledningen till installationen att få bort årstidsvariationen och öka möjligheterna att fånga barktjockleken mer exakt och därmed få en bättre diamettermätning. Andra anledningar var:

- Möjlighet att kunna kvalitetssortera talltimmer.
- Höja sågutbytet.
- Möjlighet till automatisk mätning när det är frost på stockarna.

**Tabell 7.** Information kring installationsstart och användning.

**Table 7.** Information about installation start and use.

Sågverk	Installationsstart	Använder röntgen för klassläggning (I1)	Använder röntgen för klassläggning (I2)
A	Sommaren 2018	På sortering, inte vederlagsmätning.	Ja
B	Maj 2019	Kört en månad men röntgen avslagen för tillfället.	Inte röntgen, endast 3D
C	Juli 2019	Ja	–

I1: avser tidpunkten för första intervjun, oktober 2019. I2: avser andra intervjutillfället, december 2019.

*I1: Refers to the time of the first interview, October 2019. I2: refers to the second interview, December 2019.*

Efter installationen av LogProfiler3DX hade följande fördelar upplevts:

- Möjligheten att mäta densiteten på barkborreskadat virke och därmed kunna hantera dessa separat i flödet.
- Utbytesförlustmätning.
- Metalldetektering.
- Mindre att bedöma för Biometria.

Vidare kommer Intervjuerna för sågverk med en LogProfiler3DX (A, B och C) presenteras mer ingående för vidare analys (tabell 7).

**Tabell 8.** Översikt på resultat från I1 och I2 med sågverk A, B och C.

**Table 8.** Overview of the result from I1 and I2 with sawmill: A, B and C.

Sågverk	Minskad årstidsvariation (I1)	Minskad årstidsvariation (I2)	Bättre träff i klass (I1)	Bättre träff i klass (I2)
A	JA	NEJ	VET EJ	NEJ
B	VET EJ	NEJ	VET EJ	NEJ
C	VET EJ	–	VET EJ	–

I1: avser tidpunkten för första intervjun, oktober 2019. I2: avser andra intervjutillfället, december 2019.

I1: Refers to the time of the first interview, October 2019. I2: refers to the second interview, December 2019

### *Intervju sågverk A*

Sågverket installerade en kombinerad 3D och röntgenmätram sommaren 2018. Främsta anledningen till installationen var att få bort årstidsvariationen samt att få en bättre diametermätning. En annan anledning var att 3D-mät ramen som tidigare fanns på sågverket var av en äldre modell som var svårt att hitta reservdelar till. Innan investeringen av den nya ramen användes automatbark under en period, vilket gav ett bättre resultat. Dessvärre var funktionen inte godkänd för användning på tall, utan endast gran. Med 3D- mät ramen, som fanns tidigare på anläggningen, sågs en årstidsvariation. Medeldiametern sköts med en årstidsvariation, alltså att toppen på normalfördelningskurvan flyttade på sig, men spridningen var lika stor eller liten oavsett tid på året. Sågverket använde sig av fasta postningar och detta problem ledde till att för stor del oönskade sortiment föll ut samt tvingande kap och vrak. Respondenten tror att årstidsvariation beror på att barken är olika tjock vid olika tider på året och att mät ramen inte klarade av att ta hänsyn till detta.

Förhoppningen var att den nya mät ramen skulle klara av att mäta barktjockleken mer korrekt oavsett årstid. Respondenten vågade inte uttala sig om det fanns någon årstidsvariation med den nya mät ramen vid tiden för den första intervjun då programvaran hade bytts så många gånger. De hade alltså inte kört tillräckligt länge med samma programvara för att kunna utläsa några mönster om vad som beror på årstidsvariationen. Sedan installationen hade det gjorts många justeringar för att få till mjukvara i mät ramen. Vid tiden för den första intervjun användes den nya mät ramen för sortering av timmerklasser, men det fanns en viss osäkerhet kring om den var godkänd för vederlagsmätning. De kunde dock konstatera att utbytet inte hade blivit bättre (Tabell 7). Ett sämre utbyte kunde även bero på andra problem, såsom barkborreskador på timret, vilket de är medvetna om ger ett sämre utbyte. Förhoppningen var att de skulle få ett bättre utbyte, vilket de även trodde de kommer att få när de får ordning på den nya utrustningen. Vid tiden för den första intervjun hade de upptäckt problem då de testkörde obarkade stockar. Mät ramen

indikerade att det var bark kvar på stockarna, vilket ledde till nya justeringar. En fördel de upptäckt med röntgen är möjligheten att kunna mäta densiteten på barkborreskadat timmer och därmed kunna hantera dessa separat i flödet. Vid studiens genomförande var en stor andel av råvaran drabbad av barkborreskador och respondenten trodde att problemet kunde hänga i och återkomma framöver. Tiden för första intervjun tyckte de sig fått ett bättre resultat med den nya mätramen, men de var inte helt nöjda ännu. Innan de köpte mätramen var de i kontakt med ett par sågverk i Finland som hade liknande teknik. Där fick de uppfattningen att tekniken fungerar bra och att de fått bukt på problemet med årstidsvariation. Respondenten upplevde dock att produkten inte är helt färdigutvecklad i Sverige ännu.

Vid tiden för den andra intervjun var respondenten inte helt nöjd med tekniken och nämnde än en gång att produkten inte kändes färdigutvecklad. Framförallt trodde respondenten att det var beräkningsmodellerna som strulade och att det fortfarande skedde många justeringar i programvaran. Vid den andra intervjun använde de kombinationen 3D och röntgen för underbarksmätning, men de upplevde en dålig träffsäkerhet i klasserna. Leverantören hade klarat repeterbarhetstesterna, men träffsäkerheten i klasserna hade inte blivit bättre. Respondenten hade även sett mönstret att stockarna som går in i sågen blev ”klenare och klenare”. De justerade då diametrarnas tröskelvärden i sorttabellen, vilket inte gav något genomslag. Respondenten kunde inte svara på varför det inte blev något genomslag.

### *Intervju sågverk B*

Sågverket sågade endast klintimmer och installationen startade 1 maj 2019 och blev godkänd i mitten av september samma år. Anledningen till investeringen var att den tidigare 3D-mätramen på anläggningen började bli dålig. De blev ”frälsta” i den nya mätramen för möjligheten att kunna fånga barktjockleken mer exakt. Med den tidigare mätramen var det mätare från Biometria som manuellt tryckte barktjockleksklass på stockarna. Eftersom sågverket endast sågade klintimmer så upplevde respondenten att det är än viktigare med en bra barktjockleksbedömning. Med sämre tider på marknaden ville de höja sitt sågutbyte för att ”hämta hem pengar där istället”. Årstidsvariationen troddes bero på att barken blir tjockare på hösten, ”det är precis som att den sväller då”. De hade alltid upplevt att barken på hösten varit tjockare och tunnare framåt våren. Med den nya mätramen hoppades de därför se en mer jämn bedömning över hela året. Med hjälp av röntgen skulle de också kunna se skillnad på ved jämfört med snö och is, men de var inte där ännu. Vid tiden för den första intervjun hade sågverket kört med den nya tekniken i en månad. Röntgen var då avslagen för tillfället på grund av problem med mätningarna. Det hade gått för kort tid för att säga om de fått ett bättre sågutbyte eller mindre årstidsvariation. Testerna som hade körts på ramen visade jättebra resultat, så respondenten såg positivt på framtiden. En annan fördel de hade

upptäckt med ramen var att den blivit typgodkänd för utbytesförlustmätning. Det skulle innebära att mätaren varken bedömer barktjocklek eller krök på stockarna. Att inte röntgen var igång berodde troligtvis på problem kring styrsystem. Respondenten upplevde att de vid tiden för första intervjun inte var helt i mål ännu. Problemet som fanns var att de fick för ”klen stock” med röntgen. Då hade leverantören upptäckt fel i parametrar hos mjukvaran och nya simuleringar skulle köras med stockdatabasen. Vid tiden för den första intervjun rullade mätramén som en vanlig 3D- mätram förutom att röntgen tog ut metallstockar. De köpte ramen då de trodde mycket på denna mätram och att tidigare produkter från leverantören fungerat bra och att de arbetade hårt för att de skulle bli nöjda. De hade även hört om finska sågverk som satsat på samma teknik och var nöjda.

”Vi är övertygade om att det kommer bli bra, det är bara en tidsfråga innan vi är där”.

Vid tiden för den andra intervjun hade de inte fått ett bättre utbyte eller träff i klass och barktjockleksfunktionen fungerade inte. De fick fortfarande för klen stock in i sågen. Vid tiden för den andra intervjun gick fortfarande tekniken som en vanlig 3D-mätram, där röntgen endast tog ut metall. Anledningen till att de inte använde hela funktionen var att de ville att det ska vara 100 % igt innan de ”kör igång”, för en rättvis bedömning gentemot skogsägarna. Sågverkets egna mål var att få 1 % bättre sågutbyte. Inmätningen fungerade då ramen tar ett medelvärde på stocken, men sortering på minsta toppdiameter för postningsmönster fungerade inte. Problemet var att stockarna hamnar under sågtimmerklasserna och ofta med en hel centimeter. Respondenten misstänkte att tekniken fungerade sämre på klenare dimensioner.

### *Intervju sågverk C*

Installationen av ramen och banbyte tog totalt tre veckor och den blev godkänd för underbarksmätning tretton veckor efter installationsstart. Anledningen till investeringen av den nya mätramén var att sågverket inte ansåg sig ha tillräckligt bra träffsäkerhet i timmerklasserna. De såg trender över att grantimmer varierar över året och ansåg att det berodde på att barken sväller. Med den nya mätramén hoppades de bli av med variationer över året. Den största anledningen var alltså att kunna mäta bättre och mäta rätt. Andra anledningar, som respondenten lyfte fram, var möjligheten till kvalitetssortering även om det inte var den primära investeringsorsaken. Tidigare använde de sig av en 3D-mätram med automatiskt barkavdrag som var godkänt så länge det inte var frost på virket. ”*Det fungerade bra men problemet är att det är många månader på året som det finns frost på stockarna*”. Utvecklingsansvarig på sågverket ansåg att det fanns insparingspotential med den nya mätramén och vid tiden för första intervjun använde de mätramén för klassläggning med både 3D och röntgen, men det var väldigt nytt. De anser att grantimmer varierar över året då barken sväller olika. För

att möta detta innan den nya ramen kunde det hända att de ändrade diametern i sortbildningstabellen, men eftersom de inte körde fasta postningar hade det ingen större betydelse. Innan investeringen var de på besök hos ett par sågverk i Finland, som visade bra resultat och de trodde att de kommer få en mindre årstidsvariation och ett högre utbyte med den nya mätramén.

#### *Intervju leverantören RemaSawco*

Leverantören menade att det som tagit tid i uppstarten av den nya tekniken och att få den typgodkänd var att den finska mättekniken har anpassats till svensk inmätning. Reglerna kring inmätning skiljer sig mellan Finland och Sverige. Vid intervjutillfället var LogProfiler3DX typgodkänd för vederlagsmätning, metalldetektering samt mätning av utbytesförlust. 3D-mätramén var inte typgodkänd för automatisk underbarksmätning med trakeidmetoden ännu. Detta arbetar de med, men det hade inte prioriterats då inga kunder efterfrågat funktionen.

Med ett typgodkännande skulle möjligheten för automatisk underbarksmätning finnas om kunden bara vill använda 3D-mätramén av någon anledning.

Leverantören poängterade att de nya mätramarna hade ny teknik med ett nytt styrsystem. Där var hårdvaran i princip den samma som tidigare modeller, men mjukvaran av finsk modell. Det konstaterades att det var på grund av den nya mjukvaran som det gick det att få 3D – och röntgenmätramarna att integrera med varandra och därmed möjliggöra att barktjockleken kunde bedömas tillsammans. Bedömning av barktjockleken med hjälp av den äldre versionen av röntgenmätram fungerar därmed inte.

#### **4.1.4. RS-X-Ray**

Fyra sågverk (D, E, F & G) från urvalsgruppen hade en röntgen från Rema på sågverket som inte var integrerad med en 3D-mätram. För samtliga var huvudsyftet med installationen att kunna mäta inre kvalitet på talltimmer. Sågverk D, E och F sågade både tall- och grantimmer men använde ingen röntgenteknik för diametermätning under bark på grantimmer, utan samtliga använde istället en 3D-mätram för det ändamålet. Sågverk D hade nyligen investerat i en ny röntgenmätram som var möjlig att integrera med en 3D-mätram för underbarksmätning, men respondenten vet inte om det var planerat med en investering av ny röntgen för möjligheten att kombinera de två. Samtliga upplevde en hög nöjdhet med röntgentekniken avseende inre kvalitetsbedömning av talltimmer samt för att detektera metall i stockar.



#### 4.1.5. Microtec- Logeye

Sågverk H och I hade ingen röntgenteknik på sågverket. För underbarksmätning användes istället en 3D-mätram i kombination av bildanalys från leverantören Microtec. Sågverk H upplevde att de hade en hög träffsäkerhet i sågtimmerklasserna och att mätramen mätte barktjockleken bra och kunde hantera variationerna i barken över året. Det var lite som ligger under respektive över sågtimmerklasserna. Sågverk I hade två mätramar av samma modell, bedömning av barktjocklek gjordes med hjälp av den första mätramen och denna bedömning låg till grund för den betalningsgrundande vederlagsmätningen, vidare barkades stockarna för att sedan mätas i den andra mätramen där den sanna diametern under bark togs ut och var det som sorteringen byggde på. Införskaffandet av två 3D-mätramar efter varandra var för att undvika komplikationer kring barkbedömning för sorteringen till sågen. Kontroller görs avseende träffsäkerheten vid vederlagsmätningen och bedöms stämma väl överens med verkligheten, det vill säga stockens uppskattade rätta diameter utan bark. En annan fördel som nämns med denna metod är att om en markägare är missnöjd med bedömningen kan sågverk I visa den underliggande bedömningen efter att stocken barkats och därmed påvisa varför utfallet blev som det blev.

#### 4.1.6. Framtid & förhoppningar

Många av respondenterna trodde att röntgen kommer vara den metod som är lösningen för att undvika problemen med årstidsvariation på grantimmer. De tyckte sig se en snabb utveckling och lovande resultat. Två av respondenterna nämnde även att röntgenmätramar inte var lika dyrt som de tidigare varit, vilket var en annan fördel för en eventuell framtida investering.

### 4.2. Potentiell utbytesvinst

Det ekonomiska utbytet på sågverket beräknades vid tiden för studien ligga runt 51,6 %, där det ekonomiska utbytet var beräknat på producerad vara mot såld vara, inklusive lagerdifferenser. Träff i klass uppskattades till ca 76 % på sågverket och den förväntad träff i klass vid en eventuell investering av LogProfiler3DX i en 10mm-klass, till 90 % träff i klass (tabell 8). Förväntad träff i klass grundades på intervju med ett sågverk som köpt tekniken. Alltså beräknades en investering av tekniken leda till 14 procentenheter bättre träff i klass av det totala stockantalet. Utbytet beräknades på skarpkantig sågad vara i postningsprogrammet SDM (Sawing Decision Maker) för två stora grantimmerklasser på sågverket. Ett medelvärde av sågutbytet togs ut inom och utanför klassen (7 mm över och under) för de två klasserna som vidare viktades mellan de två grantimmerklasser (Bilaga 5 & 6).

För den ena grantimmerklassen beräknades medelutbyte inom sågtimmerklassen vara 53,0 % och utanför 49,2 % (Tabell 8). Den totala differensen mellan den procentuella andelen sågutbyte beräknat på träff i klass var 0,53 procentenheter (52,6–52,1).

I den andra grantimmerklassen beräknades medelutbytet inom sågtimmerklassen vara 58,4 % inom klassen och 55,8 % utanför (Tabell 8). Den totala differensen mellan den procentuella andelen sågutbyte beräknat på träff i klass är 0,36 procentenheter (58,4–55,8).

**Tabell 9.** Förväntad skillnad i träff i klass och sågutbyte för två stora grantimmerklass vid en investering av en LogProfiler3DX innan och förväntad förbättrad träff i klass.

*Table 9. Expected difference in hits in class and sawing yield for two large fir-tree class for an investing in a LogProfiler3DX hits before the investment and expected improved hits after investment.*

<b>Klass 1</b>	Sågutbyte, SDM (%)	Träff i klass, (%)	Andel träff i klass *	Förväntad träff i klass (%)	Andel träff i klass*
I sågtimmerklass	58,4	76	44,4	90	52,5
U sågtimmerklass	55,8	24	13,4	10	5,6
<b>Total</b>			<b>57,8</b>		<b>58,1</b>

<b>Klass 2</b>	Sågutbyte, SDM (%)	Träff i klass, (%)	Andel träff i klass *	Förväntad träff i klass (%)	Andel träff i klass*
I sågtimmerklass	53,0	76	40,3	90	47,7
U sågtimmerklass	49,2	24	11,8	10	4,9
<b>Total</b>			<b>52,1</b>		<b>52,6</b>

Andel träff i klass= sågutbyte\* träff i klass. U= Utanför.

Percentage of hits in class= sawing yield \* hits in class. U= Outside.

Den beräknade utbytesökningen i medelvärde av de två grantimmerklasserna blev 0,45 procentenheter  $((0,53+0,36)/2)$ . Vilket skulle motsvara en ökning av det ekonomiska utbytet från 51,6 till 52,05 m<sup>3</sup>sv/år. Vid en årsproduktion på 420 000 m<sup>3</sup>sv/grantimmer per år motsvarade detta en minskning av råvaruförbrukningen på 6773 m<sup>3</sup>fub/år. Volymen grundades på att 70 % av det som tillverkades på sågverket var gran, alltså 70 % av 600 000 m<sup>3</sup>sv. Alternativt en minskad timmerkostnad för att få ut samma kubik sågad vara (m<sup>3</sup>sv), vilket innebar att investeringen skulle betala sig inom 1,4 år på Braviken sågverk, förutsatt en 90 % träff i klass.

## 4.3. Laboration

### 4.3.1. Barktjocklek- Diameter

Resultatet från laborationen visade att diametern mellan trissorna som mest varierade 12,1 cm, från den klenaste diametern på 18 cm till den grövsta på 30,2 cm. Den största skillnaden i barktjocklek mellan två punkter vid ”ingen behandling” var 2,5 mm, mellan trissa 4 med en diameter på 30,2 cm och trissa 2 med en diameter på 20,8 cm (Tabell 9). För gruppen ”ingen behandling” beräknades en medelbarktjocklek för varje trissa (Tabell 13). Pearsons korrelationstest visade en hög korrelation mellan toppdiameter och barktjocklek, där alla värden återfanns nära 1. Den lägsta korrelation (0,77) fanns mellan grupperna toppdiameter och fuktig, samt den högsta (0,83) mellan toppdiameter och ingen behandling (Bilaga 9).

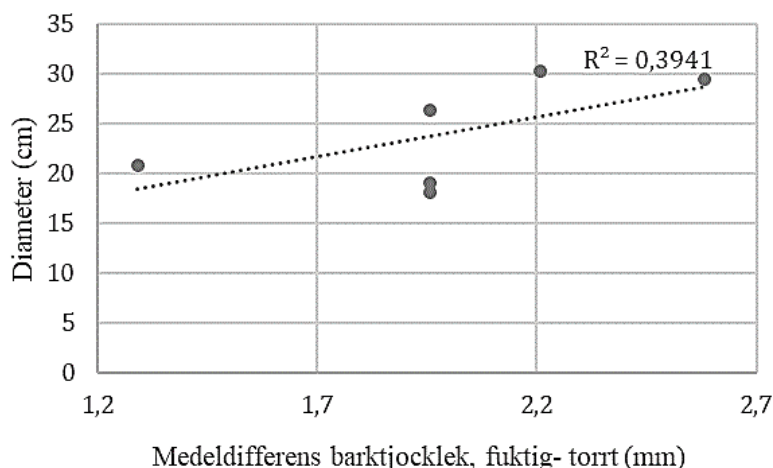
**Tabell 10.** Översikt av toppstocksdiometer och barktjocklek hos samtliga trissor  
*Table 10. Overview of volume by top measurement and bark thickness for all the samples.*

Timmerstock	Diameter	Barktjocklek (IB)	
	1	19,0	3,7
	2	20,8	2,5
	3	26,4	4,0
	4	30,2	5,0
	5	18,1	3,3
	6	29,5	4,6

IB= Ingen behandling.

IB= No treatment.

Resultatet visade ett positivt linjärt samband mellan diameter och barktjocklek när ingen behandling utförts. Ett värde skiljde sig från den linjära trenden, vid diametern 20,8 cm var barktjocklek lägre än vid diametrarna 18,0 och 19,0 cm. En trend visar även att medeldifferensen mellan två miljöer (torr- fuktig) ökar med ökad diameter, dock med en låg förklaringsgraden ( $R^2$ ) på 0,3941 (Figur 12). Mann-Whitney testet gav ett P- värde på 0,005, vid 95 % -ig signifikansnivå, mellan toppdiametern och barktjockleken när ingen behandling utförts. Detta indikerar att det fanns en signifikant skillnad mellan grupperna.



**Figur 12.** Förhållandet mellan diameter för alla trissor och medeldifferensen i barktjocklek, mellan förhållandena ”fuktig” och ”torr”.  
**Figure 12.** The ratio of diameter for all samples and the average difference in bark thickness, between the ratios ”moist” and ”dry”.

#### 4.3.2. Barktjocklek- Fukthalt

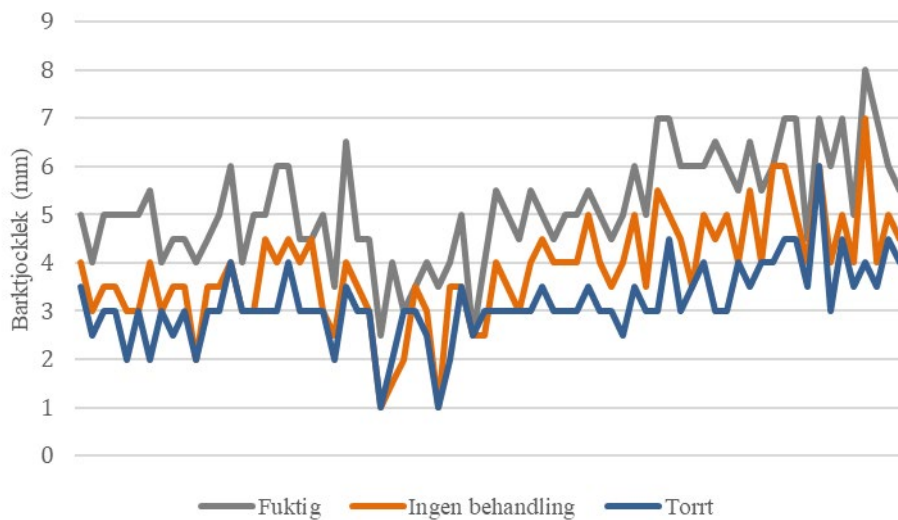
Resultatet visade att barktjockleken korrelerade med barkens fukthalt, vilket indikerade att barken sväller vid högre fukthalt. Pearsons korrelationstest visade att samtliga värden låg nära 1 (från 0,95 till 0,99) (Bilaga 9). Den största skillnaden i barktjocklek som kunnat härledas till fukthalt var 4 mm (dubbla barktjockleken, 8 mm). Både trissa 4 och 6 hade 4 mm skillnad mellan fuktig och torr miljö med diametrarna 30,2 cm respektive 29,5 cm, vilket även motsvarade de två grävsta diametrarna som ingick i studien. För samtliga provpunkter för gruppen fuktig var 5,14 mm med en standardavvikelse på 1,14 mm, vilket var högre än för grupperna ”ingen behandling” och ”torr” (tabell 10).

**Tabell 11.** Övergripande information kring datamaterialet  
**Table 11.** Overarching information about the data material.

Miljö	Medelvärde barktjocklek (mm)	Median barktjocklek (mm)	Standardavvikelse (95 % konfidensintervall)
Fuktig	5,14	5	1,14
Ingen behandling	3,85	4	1,09
Torr	3,16	3	0,79

Det visuella resultatet visade även en trend för varje provpunkt, där barkens tjocklek varierade beroende på fukthalt. Det visade sig vara mindre skillnad mellan miljöerna ”ingen behandling” och ”torr” än ”ingen behandling” och ”fuktigt”. Det gick även att utläsa att barktjockleken vid vissa punkter inte förändrades avsevärt

beroende på fuktighet, vilket visuellt verkade inträffa vid en lägre barktjocklek (Figur 13).



**Figur 13.** Barktjocklek för alla mätpunkter, i förhållandena ”Fuktig”, ”ingen behandling” och ”torrt”.

**Figure 13.** Bark thickness for all the measurements, in the environments “moist”, “no treatment” and “dry”.

Analysen med Kruskal- Wallis test med 98,3%-igt konfidensintervallet gav ett P-värde på 0,010 mellan grupperna: Fuktig, torr och ingen behandling, vilket indikerade att det fanns en signifikant skillnad mellan en eller flera av grupperna. Mann- Whitney test visade att det endast fanns en signifikant skillnad i barktjockleken mellan grupperna fuktig och torrt, det fanns alltså ingen signifikant skillnad mellan grupperna fuktig- ingen behandling och torr- ingen behandling (Tabell 11).

**Tabell 12.** Skillnader i barktjocklek mellan behandlingar, Mann- Whitney test där P-värde < 0,0167, indikerar en signifikant skillnad mellan grupperna.

**Table 12.** The difference in bark thickness within treatment, Mann- Whitney test where P value < 0.0167, indicates a significant difference between the groups.

Miljö	P- värde (Mann Whitney test)
Fuktig- Torr	0,008
Fuktig- Ingen behandling	0,045
Torr- Ingen behandling	0,173

## 5. DISKUSSION

### 5.1. Huvudresultat

Resultatet från intervjuerna visade att 8 av 9 sågverk upplevde att det finns en årstidsvariation i grantimrets barktjocklek. Labbresultatet i kombination med faktumet att luftfuktigheten varierar över året, förklarar årstidsvariationen. Resultatet visade att det kan skilja sig så mycket som 8 mm vid en barktjockleksbedömning, vilket kan påverka klassträffen. Resultatet från laborationen visade även att det fanns en positiv korrelation mellan toppdiameter och barktjocklek, vilket styrks av Zaccos (1974) resultat och därmed också dagens barkfunktioner. Vid ett antagande om att en ökad ålder ger en ökad diameter styrks även resultatet av Stängle et al. (2017), som visar att barktjockleken är starkt korrelerat till trädets ålder.

Resultatet indikerade även att svällning-/krympningseffekten på barktjockleken varierade mer på grövre stockar, vilket innebär att klenare stockar inte påverkas lika kraftfullt av årstidsvariationens inverkan. Detta var dock inget som utreddes i denna studie.

Erfarenheter från Braviken sågverk och respondenternas svar från intervjuerna visade att virket oftast blev för ”klent” i sågen på hösten. Det innebär att postningsmönstret blir för stort när det sågas, vilket medför ökad vankant. Resultatet från intervjuerna visade att två sågverk förväntade sig ett ökat sågutbyte vid en investering av en LogProfiler3DX. Om timret blir marginellt klenare så ökar det ekonomiska utbytet när brädorna blir lite vankantiga. Blir centrum vankantigt, och brädorna för vankantiga, kommer avkap leda till ett minskat utbyte. Sågutbytet borde därför bli högre när timret sorteras in för klent eftersom luften i vankantigt virke faktureras som sågad vara, fast med lägre kvalitet och pris. Resultatet kan förklaras med att sågverken hade skild definition av sågutbyte, alternativt kan det föreligga missuppfattningar vid intervjuerna. Vankant innebär en större risk för kvalitetsnedklassning eller att färdigvaran blir mer svårsåld och står längre tid i lagret. En bättre träff i klass torde därför leda till ett lägre sågutbyte, men med en bättre kontroll på kvalitetsutfall för sågverket (Ståhl 2019).

Ett sågverk i denna studie garanterades 90 % träffsäkerhet i en 10mm-klass vid en investering av en LogProfiler3DX. Träffsäkerheten 90 % användes som underlag vid en eventuell investering hos Braviken sågverk. Den ökade träffsäkerheten skulle innebära en 14 procentenheter förbättrad träff i klass och investeringen skulle betala sig inom 1,4 år. Vid tiden för studien hade dock inget sågverk fått en bättre träffsäkerhet eller reducerad årstidsvariation efter investeringen av en LogProfiler3DX. Det går inte heller att säkerställa att Braviken sågverk skulle få samma garantier. Att leverantören inte levt upp till 90 % träffsäkerhet kan förklaras med att tekniken vid tiden för studien var relativt ny samt att det tagit längre tid än leverantören trott med uppstarten. Enligt intervjun med sågverk A hade leverantören klarat repeterbarhetstesterna, men andelen träff i klass hade inte blivit bättre. En förklaring till detta skulle kunna vara att repeterbarhetstesterna utfördes under samma tid på året. Repeterbarhetstesterna visade därför inte teknikens förmåga att hantera årstidsvariationer.

Fyra sågverk upplevde att trakeidmetoden var bristfällig vad gäller bedömning av diameter under bark. Respondenterna menade att metoden inte kunde hantera årstidsvariationer. Denna uppfattning stödjer Wänstedts (2006) resultat att barkavdraget är felaktigt och påverkar inmätningen. Anledningen till att de resterande 5 av 9 sågverk inte upplevde större problem med trakeidmetoden kan vara relaterat till skillnader avseende geografi, råvaruandel och postningsmetod. De sågverk som upplevde samma problem som Braviken sågverk låg inom liknande geografiska områden, likartad råvaruandel och använde även fasta postningar.

Två sågverk upplevde att 3D-mätramen; Logeye från Microtec gör en bra bedömning på barktjocklek oavsett årstid, dock var det endast ett sågverk som sorterade efter mätramens barkbedömning (Bilaga 7). Det som skiljer Microtecs 3D- mätramen från RemaSawcos är att Logeye har fyra mätriktningar, jämfört med RemaSawcos tre. Det skiljer sig även i avseende att Logeye även har en inkluderande bildanalys. Dock hanterar bildanalysen endast färgskillnader och borde därför inte påverka bedömningen av stockens barktjocklek. Resultatet att Microtecs mättram; Logeye skulle klara årstidsvariationen bättre än RemaSawcos 3D-mättram är osäkert dels för det begränsade urvalet. Även för att mätramen inte mäter barktjocklek utan endast barkandel (Bilaga 7), vilket innebär att bedömningen torde variera om det finns en årstidsvariation på barken. Det kan vara samma barkandel på stocken oavsett tid på året, men om barktjockleken skiljer sig borde det leda till en förskjutning i klassträff. Resultatet om att mätramen Logeye klarar av att möta årstidsvariationen kan därför anses osäkert.

Enligt 4 av 7 respondenter var huvudsyftet med en installation av röntgen främst möjligheten att bedöma inre kvalitet på talltimmer, där 3 av 4 har en äldre version på röntgenmätramen. Resultatet från intervjuer med leverantören visade att äldre

versioner inte innehöll mjukvara som kan hantera mätning av barktjocklek, samt att flertalet av sågverk som använde en röntgen, endast sågade talltimmer. Det går därför att anta att huvudsyftet med installationer av röntgen har varit att kunna bedöma inre kvalitet på talltimmer för merparten av svenska sågverk.

Det går inte heller att säkerställa om röntgen klarar av att skilja ved från snö och is då inget sågverk använt tekniken under en hel vinter, utan justeringar i mjukvaran. Merparten av respondenterna tror att röntgen för underbarksmätning på gran är en framtida lösning och kommer leda till en mindre årstidsvariation.

## 5.2. Braviken sågverks perspektiv

Baserat på studiens resultat motiveras en investering av röntgen för underbarksmätning på Braviken sågverk är i första hand av möjligheten att få bort årstidsvariationen och därigenom få en säkrare bedömning av diametern under bark, vilket skulle innebära att problematik relaterat hur barken sväller och krymper undviks. Det skulle dels minska behovet med att studera trendkurvan för träff i klass samt justeringar i sortbildningstabellen. Det skulle även innebära att en minskad andel går igenom inmätningens 3D-mätram innan en justering hinner åtgärdas och därmed skulle risken för ett stort lager med fel diameter minska.

Andra fördelar som talar för investeringen är att röntgen även möjliggör mätning av inre kvalitet på talltimmer. Normalt sågas en del talltimmer av det totala stockantalet på sågverket, vilket skulle möjliggöra optimering av vissa tallsortiment. Det finns även en ökad möjlighet att hitta metall i stockarna med hjälp av röntgen. Vid tiden för studien hade sågverket en metalldetektor på anläggningen som var bristande. Det skulle därför finnas produktivetsrelaterande fördelar med att istället använda röntgen som metalldetektor. Sågverkets upptagningsområde har drabbats hårt av barkborreskadat virke och med röntgen finns det möjlighet att kunna densitetmäta barkborreskadade stockar och hantera dem separat vidare i kedjan. En investering av LogProfiler3DX medför även en ny 3D-mätram och det börjar bli dags att byta ut den befintliga 3D-mätramen. Beräkningen i denna studie visade att det skulle ta 1,4 år innan en investering av en kombinerad 3D-röntgenmätram hade betalat av sig själv, dvs. den förbättrade träffen i klass skulle leda till ekonomisk vinning inom 1,4 år förutsatt att leverantören klarar 90 % träff i klass. Ur ett längre perspektiv torde därför en sådan investering vara lönsamt på Braviken sågverk.

Det som talar emot en investering är att det finns en osäkerhet kring hur väl leverantören klarar av att leva upp till kraven och om samma garanti skulle erbjudas Braviken sågverk. Det som också talar emot en investering är att inget av de sågverk



som investerat i en kombinerad 3D – och röntgenmätram (LogProfiler3DX) upplever att tekniken motsvarar förväntningarna som fanns angående diametermätning under bark. Inget av de sågverk som investerat i en LogProfiler3DX och ingick i studien upplever att de fått bättre träff i klass eller minskad årstidsvariation med den nya tekniken. Det går därför inte att säkerställa att det skulle bli 14 procentenheter bättre träff i klass vid en investering. En annan nackdel är att 3D-mätramen inte var godkänd för trakeidmetoden vid tiden för studien, vilket innebär att inmätningen måste ske med manuell barkbedömning om röntgenmätramen är bristfällig.

Utifrån osäkerheten kring tekniken är rekommendationen att avvakta med en investering av LogProfiler3DX till Braviken sågverket tills den funnits en längre tid på marknaden och alla ”barnsjukdomar” är eliminerade, alternativt investera i endast en röntgenmätram för möjligheten att mäta inre kvalitet på talltimmer och detektera metall. Det skulle innebära att det går att komplettera med 3D-mätramen vid ett senare tillfälle. Om Braviken anser att de inte vill vänta med en investering är en annan rekommendation är utreda om det finns någon annan teknik på marknaden som kan hantera årstidsvariationen.

### 5.3. Styrkor och svagheter

En styrka med denna studie är att den inkluderade alla de svenska sågverk som hade installerat en LogProfiler3DX, samt två av tre gransågande sågverk som använde mätramen Logeye från Microtec. Av de sågverk i Sverige som hade en röntgen installerad ingick cirka hälften. Studien representerar därför en stor andel av de svenska sågverk som använt denna typ av mätteknik. Urvalet till intervjuerna grundades främst på sågverk som hade en röntgenmätram eller en 3D-mätram från Microtec. En svaghet med studien är resultatet om hur sågverk upplever trakeidmetodens funktion. Studien representerar ett mindre urval av de sågverk som använde en 3D-mätram med trakeidmetoden. Om fler sågverk som använder trakeidmetoden ingått i studien hade därför resultatet antagligen sett annorlunda ut.

Styrkan i den potentiella utbytesvinsten är att beräkningarna grundades på två av sågverkets största grantimmerklasser, vilka tillsammans utgjorde 30 % av det totala stockantalet i grantimmerklasserna. Dock var de två klasserna som ingick i studien vida klasser med mer än 10 mm i klass, vilket leder till en bättre träff i klass jämfört med snävare sågtimmerklasser. En annan styrka är att investeringskostnaden av tekniken baserades på en offert från leverantören RemaSawco till Braviken sågverk. En svaghet med underlaget till den potentiella utbytesvinsten är postningsprogrammets (SDM) sätt att beräkna utbyte. SDM beräknar utbytet på skarpkantig färdigvara, vilket innebär att vankant ger ett sämre utbyte. Med

sågverkets sätt att beräkna ekonomiskt utbyte (Bilaga 8) ökar normalt utbytet om brädorna blir mer vankantiga. Därför stämmer inte det beräknade utbytet med sågverkets verkliga utbyte i och utanför sågtimmerklasserna. En annan parameter som påverkade resultatet är andelen träff i klass (76 %) som grundades på samtliga grantimmerklasser, inte bara de två klasser som ingick i denna studie. Det finns även en osäkerhet i om leverantören kan leva upp och garantera 90 % träff i klass.

Då trissorna helt blötlagdes och därefter kördes i en virkestork avser resultatet barktjocklekens ytterligheter i fuktighet. Resultatet förklarade med andra ord extrema förhållanden som inte speglar verkligheten. Förvisso borde barken kunna bli mättad med fukt vid hög luftfuktighet, samt uttorkad vid exponering och låg luftfuktighet (Saarman 1992). Det är dock inget denna studie kan fastställa. En felkälla i laborationen är även trissornas färskhet, alltså tid efter att trädet avverkades till laborationens genomförande. Möjligen skulle resultatet bli annorlunda om laborationen utfördes närmare in på avverkningstidpunkten. En annan felkälla i laborationen är eventuella mätfel. Ett värde ledde också till att resultatet mellan barktjocklek och diameter inte blev starkt linjärt, värdet kan ses som ett avvikande värde (en outlier) som inte förklarar verkligheten och därför borde uteslutas i analysen. På grund av de begränsade antal observationer valdes värdet dock ändå ingå i analysen, då det inte säkert går att dra slutsatsen att värdet är avvikande (Samuels, Witmer & Schaffner 2016).

## 5.4. Metodval

### 5.4.1. Intervjuer

Kvalitativa intervjuer med låg standardisering gör det lättare att ställa följdfrågor och anpassa varje intervju utifrån respondent och situation. En annan fördel är att intervjun kan leda till information som inte hade gått att planera i förväg, med en istället hög standardisering och strukturering av intervjuerna (Trost 2005). Intervjuerna gav en bra inblick i hur andra sågverk arbetar och gav samlade erfarenheter kring ämnet, vilket ledde till ett stort material som krävde mycket arbete. Kombinationen av intervjuerna med sågverk och leverantörer gav en bra inblick i hur tekniken fungerade i praktiken vid sågverk. Intervjuerna med leverantörerna var också bra då de kunde redogöra för hur marknaden såg ut och funktioner med tekniken. Jag anser därför att val av metod var lyckat för uppfyllnad av studiens syfte. En nackdel med metoden är dock att den ställer höga krav på mig som intervjuare för insamlandet av ett lyckat material samt att resultatet är svårare att sammanställa då varje intervju kunde skilja sig avsevärt mellan varandra och därmed påverka resultatet. Kvaliteten mellan intervjuerna kan också skilja sig då det handlar om ett samtal mellan två personer. Det kan bero på bland annat

personkemi eller förmågan att kunna läsa av den intervjuade för att vidare kunna ställa bra följdfrågor på deras svar (Kvale & Brinkmann 2013). Det är även viktigt att ha i åtanke att leverantörer har ett säljande syfte, vilket kan påverka resultatet. En annan nackdel med metoden är att människor kan uppfatta frågor olika, precis som svaren kan uppfattas olika (Trost 2005).

#### 5.4.2. Potentiell utbytesvinst

Metoden för beräkning av potentiell utbytesvinst kan anses mindre pålitlig och resultatet bör därför tolkas med viss försiktighet. Osäkerheten i resultatet beror på de parametrar som användes som underlag och som beräkningen grundades på. Beräkningen bör därför mer ses som en uppskattning och ge en fingervisning till potentiell utbytesvinst. Med tanke på studiens tidsram och information som fanns tillgänglig anser jag att det var ett bra metodval.

#### 5.4.3. Laboration

Vid val av statistiskt test måste en analys av datamaterialet göras, för att se om det är parametriskt eller icke-parametriskt. Vid parametriska analyser görs antagandet att materialet är normalfördelat, om det stämmer blir resultatet noggrant och säkert. Parametriska test kan ha högre styrka än icke-parametriska test, men kräver att förutsättningarna stämmer. Om datamaterialet inte är normalfördelat, kan resultatet istället bli vilseledande. Laborationens begränsade urval i kombination med provpunkternas spridning ledde till att det inte helt gick att säkerställa huruvida datamaterialet var normalfördelat. Därför valdes de icke-parametriska testerna; Kruskal- Wallis och Mann- Whitney test, för att minimera risken till missvisande resultat (Samuels, Witmer & Schaffner 2016). Trissorna togs på sågverkets timmerlager under oktober månad, vilket är en månad med högre luftfuktighet sett över året, vilket kan medfört att trissorna hade en relativ hög fuktighet i barken och därmed en högre ursprungs barktjocklek. En alternativ metod hade varit att utföra mätningar på barkenstjocklek på sågverkets timmerlager över ett år. Metoden torde ge ett säkrare resultat och med en större förankring till verkligheten om hur barktjockleken förändras över året. Metoden hade även minimerat risken att barken reagerar olika beroende på timrets färskhet. Timrets färskhet varierar emellertid även på timmerlagret eftersom stockar kan ha lagrats olika länge i skogen och vid väg. Denna metod hade dock krävt datainsamling under ett år och var därför inte genomförbar inom ramen för denna studie.

### 5.5. Framtida arbete

Det skulle vara värdefullt att göra en intervjustudie, vid ett senare tillfälle, när tekniken för underbarksmätning på grantimmer funnits på marknaden ett tag och

hunnit utvärderas. Finska sågverk verkar ha kommit längre inom tekniken kring bedömning av barktjocklek med röntgen och en studie som utvärderar funktion och utveckling på finska sågverk med en jämförelse mot svenska sågverk skulle därför vara också vara intressant.

Avseende granbarkens variation i barktjocklek beroende på luftfuktighet skulle det vara intressant att göra mätningar av barktjocklek på stående skog under olika tider på året för att se hur granbarkens tjocklek förändras när träden är levande.

En studie för att utreda barkens förändring över året och en möjlighet att inkludera detta i barkfunktionerna, där inte endast barkandel tas hänsyn till utan även skillnader i barktjocklek.

## 5.6. Slutsatser

- Sågverk upplever en årstidsvariation på granbark.
- Det finns en signifikant skillnad mellan barktjocklek och fukthalt, där en ökad fukthalt ger en ökad barktjocklek. Vilket stärker att det finns en årstidsvariation.
- För stockar med grövre diameter varierar barktjocklek mer beroende på fukthalt, barken sväller mer p.g.a. fukt än för klenare diametrar.
- Det finns en signifikant skillnad mellan barktjocklek och toppdiameter, där en ökad toppdiameter ger en ökad barktjocklek, vilket stöds av Zaccos (1974) funktioner som dagens barkfunktioner bygger på.
- Vid tiden för studien var det inget sågverk som upplevde en bättre träff i klass med kombinerad 3D – och röntgenmätram.
- Sågverk med 3D- mätram i kombination med bildanalys upplever att tekniken klarar av att möta årstidsvariationen på grantimmer.
- Flera sågverk upplever att trakeidmetoden inte kan hantera årstidsvariationer på grantimmer.
- Inget sågverk har fått bättre träff i klass eller minskad årstidsvariation för diametermätning under bark med hjälp av röntgen.

Sammantaget rekommenderas Braviken sågverk att inte investera i en kombinerad 3D- röntgen mätram under den närmaste tiden, utan istället avvakta en tid tills tekniken utvecklats. Ett alternativ för att öka träff i klass kan vara att utreda andra metoder för bedömning av barktjocklek.

## Referenser

- Biometria (2018). *Allmänt rörande nationella instruktioner för virkesmätning*. Tillgänglig: [www.biometria.se/wp-content/uploads/2018/12/Nationell-instruktion-Allmänt-rörande-branschens-instruktioner-för-virkesmätning-2018-01-01.pdf](http://www.biometria.se/wp-content/uploads/2018/12/Nationell-instruktion-Allmänt-rörande-branschens-instruktioner-för-virkesmätning-2018-01-01.pdf) [2019-09-13]
- Biometria (2019). *Mätning av stocks volym under bark*. Stockholm: Nationella instruktioner för virkesmätning. Tillgänglig: <https://www.biometria.se/wp-content/uploads/2019/01/Stocks-volym-under-bark-2019-01-01.pdf>. [2019-12-05]
- Björklund, L. Hesselman, J. Lundgren, C. & Nylinder, M. (2009). *Jämförelse mellan metoder för fastvolymbestämning av stockar*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet- Institutionen för skogens produkter. (Rapport no. 15). Tillgänglig: [https://pub.epsilon.slu.se/14080/7/bjorklund\\_j\\_etal\\_170907.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/14080/7/bjorklund_j_etal_170907.pdf). [2019-10-03]
- Esping, B., Grundberg, S., Karlsson, G., Lycken, A., Oja, J., Skog, J. & Uusijärvi, R. (2006). *UMT – Utveckling av Mätmetoder och Tolkning av mätresultat vid utvärdering av sågverksmaskiner och utrustningar*. Stockholm: SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. (SP Rapport 2006:51) Tillgänglig: <http://ri.diva-portal.org/smash/get/diva2:962382/FULLTEXT01.pdf> [2019-09-13]
- Grönlund, A. (1992). *Sågverksteknik del 1- Råvaran*. Luleå: Tekniska högskolan i Luleå, Sveriges skogsindustriförbund 1992 (Yrkesbok X-724).
- Grönlund, A. (1992). *Sågverksteknik del 2- Processen*. Luleå: Tekniska högskolan i Luleå, Sveriges skogsindustriförbund 1992 (Yrkesbok X-725).
- Holmen Skog (2020). *Vår organisation*. Tillgänglig: <https://www.holmen.com/sv/skog/om-oss/var-organisation/>. [2019-11-04]
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2013). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. 2. Uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Lindholm, G. (2006). *Sågverksbranschens kostnad- och intäktsstrukturundersökning, analys och trender inom svensk sågverksnäring*. Umeå: SLU- Institutionen för skogens produkter och marknader. (Examensarbete Nr 79: 2006). Tillgänglig: [https://stud.epsilon.slu.se/11299/1/lindholm\\_g\\_171010.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/11299/1/lindholm_g_171010.pdf).
- Lundén, Å. (2015). Pettersson, R (red.). *Sågad skog för välbästand: den svenska sågverksindustrins historia 1850-2010- Sågverksnäringen, historien och framtiden*. Stockholm: Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien.
- Mattson, S-A.(2015). *Logistik i försörjningskedjor*. 2. uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Microtec. (2019). *Logeye*. Tillgänglig: <https://microtec.eu/assets/products/logeye/MT-Logeye.pdf>

- Nylinder, M. & Fryk, H. (2011). *Timmer*. 1. uppl. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. (institutionen för skogens produkter).
- Nyström, J. & Hagman, O. (2007). *Barkmätning baserat på trakeideffekten*. Träcentrum Norr (slutrapport). Tillgänglig: [https://www.ltu.se/cms\\_fs/1.15486!/slutrapporttcnbark.pdf](https://www.ltu.se/cms_fs/1.15486!/slutrapporttcnbark.pdf) [2019-11-01].
- Rema. (2019:1). *RS- 3D Log Scanner*. Tillgänglig: <http://www.rema.se/media/1399/rs-3dlogscanner.pdf> [2019-09-17].
- Rema. (2019:2). *RS- X-Ray*. Tillgänglig: <http://www.rema.se/media/1420/rs-3dxray.pdf> [2019-09-17].
- Rema. (2020). *RS- LogProfiler3DX*. Tillgänglig: <https://www.remasawco.se/products/logprofiler3dx/> [2020-03-04].
- Ryen, A. (2004). *Kvalitativ intervju: från vetenskapsteori till fältstudier*. Malmö: Liber ekonomi.
- Saarman, E. (1992). *Träkunskap*. (Specialbok: X-726). Markaryd: Sveriges skogsindustriförbund.
- Samuels, M.L., Witmer, J.A. & Schaffner, A.A. (2016). *Statistics for the Life Science*. 5. uppl. Harlow: Pearson Education Limited.
- Skog, J., Oja, J., Johansson, E., Lundgren, N. & Fredriksson, M. (2010). *Förbättrad stocksortering genom att kombinera 3D- och röntgenteknik*. Skellefteå: Luleå tekniska universitet- Avd för träteknik. (Slutrapport). Tillgänglig: [https://www.ltu.se/cms\\_fs/1.46471!/slutrapport%203d%20rontgen%20%2082481014%29.pdf](https://www.ltu.se/cms_fs/1.46471!/slutrapport%203d%20rontgen%20%2082481014%29.pdf) [2019-10-26].
- Strömberg, M. (2016). *Mätramar för sortering och ersättningsgrundande mätning vid svenska sågverk 2015*. Sundsvall: SDC. (VMU rapport). Tillgänglig: <https://www.sdc.se/admin/Filer/Rapporter%20och%20utredningar/Rapport%20Mätramar%202015.pdf>. [2019-11-05]
- Stängle, S., Sauter, U. & Dormann, C. (2017). *Comparison of models for estimating bark thickness of Picea abies in southwest Germany: the role of tree, stand, and environmental factors*. Berlin: Annals of Forest Science (2017 74: 16) Tillgänglig: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13595-016-0601-2>. [2019-09-16].
- Thörnqvist, T. (2015). Pettersson, R (red.). *Sågad skog för välstånd: den svenska sågverksindustrins historia 1850-2010- Sågverkens tekniska utveckling*. Stockholm: Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien.
- Trost, J. (2005). *Kvalitativa intervjuer*. 3. uppl. Lund: Studentlitteratur.
- VMK (2019)- *Om VMK*. Tillgänglig: <https://www.virkesmatningskontroll.se/#typgodkannande> [2020-03-04]
- Wern, L. (2013). *Luftfuktighet- Variationer i Sverige*. SMHI: Metrologi nr 154. ISSN: 0283-7730. Tillgänglig: [https://www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.74995!/Menu/general/extGroup/attachmentColHold/mainCol1/file/Meteorologi\\_154.pdf](https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.74995!/Menu/general/extGroup/attachmentColHold/mainCol1/file/Meteorologi_154.pdf)
- Wänstedt, J. (2006). *Kvalitetsbrister i timmerhanteringen på ett sågverk*. Luleå tekniska universitet- Civilingenjörsprogrammet Trätteknik. (Examensarbete 2006:301). Tillgänglig: <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:1027875/FULLTEXT01.pdf>. [2019-09-16].
- Zacco, P. (1974). *Barktjockleken hos sågtimmer*. Stockholm: Skogshögskolan-institutionen för virkeslära (Rapport, 1974:90).

## Muntliga källor:

Holmen (2017). *Holmen Timber*. Opublicerad Powerpoint.

Rönnqvist, M. (2019). RemaSawco.

Skog, M. (2019). RemaSawco.

Starenhed P. (2019). *Controller*- Braviken sågverk. Norrköping: Holmen Timber.

Ståhl, G. (2019). *Chef produktavdelningen*- Braviken sågverk. Norrköping:  
Holmen Timber.

# Bilaga 1

## Frågeformulär- Intervju

1. Vad var huvudsyftet med installationen av en röntgenmätram?
2. Vad hade ni för tidigare mätram på sågverket?
3. Använder ni röntgen för klassläggning?
4. Används en kombination av röntgen och en 3D-mätram för diameterbedömning under bark?
5. Upplever ni en årstidsvariation på granstockarna vid sågning?
  - a. Om JA, vad tror ni årstidsvariationen beror på?
6. Följer ni upp årstidsvariationen med någon åtgärd?
  - a. Om JA, hur?
7. Har ni fått en minskad årstidsvariation sen/om ni börjat använda röntgen?
8. Hur bra upplever ni att röntgenramen fungerar?
9. Upplever ni några problem med röntgenramen?
  - a. I så fall vilka?
10. Upplever ni att röntgen fungerar/kan fungera bra för mätning under bark som helhet?



# Bilaga 2

## Frågeformulär - Intervju

### **Person – och företagsbeskrivning**

1. Vilken roll har du på sågverket?
2. Vilka råvaror använder ni er av?
3. Vilka produkter tillverkar ni i huvudsak?

### **Timmersortering**

1. Hur klasslägger ni timret?
2. Hur följer ni upp hur väl klassläggningen fungerar?
3. Upplever ni att ni har hög träffsäkerhet i sågtimmerklasserna?
4. Varierar träffsäkerheten i klasserna över året?
  - a. Om varierar- Vilka åtgärder?
5. Vad använder ni för teknik av mätramar vid inmätningen 3D, röntgen?
  - a. Trakeidmetoden- automatbark?
  - b. Om båda – Samspelar ramarna?
6. Vad var syftet med installationen av röntgen?
7. Hur görs barkavdraget på timret? (manuell/automatiskt)- trakeidmetoden
  - a. Om automatiskt- hur väl upplever ni att det fungerar?
8. Vad har ni för upptagningsområde?
  - a. Om spritt ändrar ni i barkfunktionen?

### **Årstidsvariation**

1. Använder ni fasta postningsmönster och hur varierar det på gran?
2. Faller oftast det planerade ut, hur väl passar postningarna in?

3. Ser ni någon variation i postningsmönstret över året på gran?
4. Upplever ni att det är en stor skillnad på just grantimmer årstidsbaserat?
5. Om ja- Vad tror ni årstidsvariationen beror på?

### **Teknik**

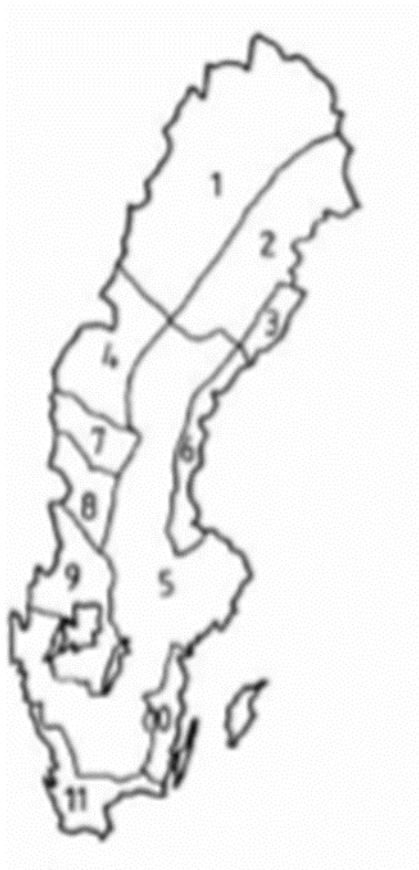
1. Vad har ni för mätteknik vid inmätningen?
2. Finns det några nackdelar/problem med tekniken?
3. Om upplever en årstidsvariation på grantimmer – kan er teknik hantera årstidsvariationen?
4. Vad tror du om framtida möjligheter för röntgenteknik för diametermätning under bark?

## Bilaga 3

### Områdes indelning och erhållna barkfunktioner på gran (Zacco 1974).

**Tabell 13.** Konstanter som används i funktionen för barkavdrag, beroende på område i Sverige.  
*Table 13.* Constants used in the function when reducing for bark thickness, depending on which area in Sweden.

Konstanter	Område										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
a	3,10	2,54	4,60	-0,11	3,28	2,47	-0,92	4,09	4,08	3,18	3,38
b	0,496	0,475	0,342	0,540	0,370	0,368	0,647	0,426	0,294	0,420	0,323



$$Y = a + bX$$

$Y =$  dubbel bark I mm

$X =$  toppdiameter pb i cm

$a, b =$  konstanter

**Figur 14.** Områdesindelning i Sverige.  
*Figure 14.* Area classification in Sweden.

## Bilaga 4

### Resultat från laboration.

**Tabell 14.** Datamaterial från laborationen.

*Table 14. Data material from lab.*

Trissa	Blött	Kontroll	Torrt	Blött	Kontroll	Torrt	Blött	Kontroll	Torrt
	B1			B2			B3		
1.1	5	3,5	3	5	4,5	3	4,5	4,5	3
1.2	6	4	4	6	4	3	5	3	3
1.3	4	3	3	6	4,5	4	3,5	2,5	2
1.4	5	3	3	4,5	4	3	6,5	4	3,5
2.1	4,5	3,5	3	3	2	3	4	3,5	2
2.2	4,5	3	3	3,5	3,5	3	5	3,5	3,5
2.3	2,5	1	1	4	3	2,5	2,5	2,5	2,5
2.4	4	1,5	2	3,5	1	1	4	2,5	3
3.1	5,5	4	3	5	4,5	3,5	5,5	5	3,5
3.2	5	3,5	3	4,5	4	3	5	4	3
3.3	4,5	3	3	5	4	3	4,5	3,5	3
3.4	5,5	4	3	5	4	3	5	4	2,5
4.1	6	6	4	7	6	6	8	7	4
4.2	7	6	4,5	6	4	3	7	4	3,5
4.3	7	5	4,5	7	5	4,5	6	5	4,5
4.4	4,5	4	3,5	5	4	3,5	5,5	4,5	4
5.1	5	4	3,5	5	3	2	4,5	3,5	2,5
5.2	4	3	2,5	5	3	3	4,5	3,5	3
5.3	5	3,5	3	5,5	4	2	4	2	2
5.4	5	3,5	3	4	3	3	4,5	3,5	3
6.1	6	5	3,5	6	4,5	3	6	5	3
6.2	5	3,5	3	6	3,5	3,5	5,5	4	4
6.3	7	5,5	3	6	5	4	6,5	5,5	3,5
6.4	7	5	4,5	6,5	4,5	3	5,5	4	4

**Tabell 15.** Medelvärde för alla mätpunkter per trissa och typ av miljö.

*Table 15. Mean value for all measuring points per sample and type of environment.*

Medel per trissa				
Trissa	Blött	Kontroll	Torrt	Medeldiameter
1	5,08	3,71	3,13	19,0
2	3,75	2,54	2,46	20,8
3	5,00	3,96	3,04	26,4
4	6,33	5,04	4,13	30,2
5	4,67	3,29	2,71	18,1
6	6,08	4,58	3,50	29,5

## Bilaga 5

### Potentiell utbytesvinst

**Tabell 16.** Sågutbyte baserat på stockens diameter i en sågtimmerklass (183- 197 mm). Från Bravikens postningsprogram (SDM)

**Table 16.** Sawing yield at the log's diameter in one saw log class (183- 197 mm). From Braviken's dimensions of sawing yield program.

I sågtimmerklass		Utanför sågtimmerklass	
Diameter (mm)	Sågutbyte (%)	Diameter (mm)	Sågutbyte (%)
183	54,1	176	47,2
184	55,0	177	48,3
185	55,1	178	49,3
186	54,9	179	50,3
187	54,7	180	51,3
188	54,4	181	52,3
189	53,9	182	53,2
190	53,4	198	49,5
191	52,9	199	49,1
192	52,4	200	48,6
193	51,9	201	48,2
194	51,4	202	47,8
195	50,9	203	47,3
196	50,4	204	46,9
197	50,0		

## Bilaga 6

### Potentiell utbytesvinst

**Tabell 17.** Sågutbyte baserat på stockens diameter i en sågtimmerklass från Bravikens postningsprogram (SDM)

**Table 17.** Sawing yield based on the log's diameter in one timber class (183- 197 mm). From Bravikens dimensions of sawing yield program (SDM).

I sågtimmerklass		I sågtimmerklass		Utanför sågtimmerklass	
Diameter (mm)	Sågutbyte (%)	Diameter (mm)	Sågutbyte (%)	Diameter (mm)	Sågutbyte (%)
258	61,7	272	57,6	251	56,3
259	61,7	273	57,2	252	57,1
260	61,6	274	56,9	253	58,0
261	61,3	275	56,5	254	58,8
262	61,0	276	56,1	255	59,6
263	60,7	277	55,7	256	60,4
264	60,4	278	55,3	257	61,2
265	60,1	279	55,0	282	53,9
266	59,8	280	54,6	283	53,5
267	59,5	281	54,2	284	53,2
268	59,2			285	52,8
269	58,8			286	52,5
270	58,4			287	52,1
271	58,0			288	51,8

## Bilaga 7

Biometrias manual för bedömning av barktjocklek på gran.

**Ingen bark 0**  
< 30 %  
5-30 cm

**Tunn bark 1**  
30 - 60 %  
5-30 cm

**Mellan bark 2**  
60 - 90 %  
5-30 cm

**Tjock bark 3**  
> 90 %  
5-30 cm

**Tryck kod**

	0	1	2	3
Tall tunn	0-	60+		
Tall mellan	0-	30-	90+	
Tall tjock	0-	30-	60-	90+
Gran	0-	30-	60-	90+

För tall svarar koderna för dagens barkfunktioner.  
För gran svarar koderna 0, 1, 2 och 3 mot 0, 50, 75, resp 100 % av tidigare mellanbarks värden.

Antingen lär man sig ovanstående –  
eller så lär man sig att tunn bark är 70 % av mellanbark  
att tunn bark är 50 % av tjock bark  
att mellanbark är 70 % av tjock bark

## Bilaga 8

Korrelation med testet Pearson korrelationstest mellan alla grupper.

**Tabell 18.** "Pearson korrelationstest" mellan alla grupper, från -1 till 1, där 1 indikerar hög korrelation

**Table 18.** "Pearson correlation" between all groups, from -1 to 1, where 1 indicates high correlation.

	Diameter	Fuktig	Ingen behandling
Fuktig	0,777		
Ingen behandling	0,826	0,987	
Torrt	0,795	0,954	0,964



## Bilaga 9

### Braviken sågverks definition av ekonomisk produktion och utbytesberäkning.

#### Ekonomisk produktion:

Förändring i lagersiffror i IBS för mellanlager och färdigvarulager samt leveranser stäms av månadsvis. Justering görs för inköpta färdigvaror, uttag av egna varor och inventeringsdifferenser. Detta bildar den ekonomiska produktionen på månaden.

#### Utbytesberäkning:

Timmerförbrukningen fastställs efter inventering av timmerlager som görs månadsvis. Förbrukningen beräknas genom att ta Ingående balans plus periodens inmätta volym och ställa emot det inventerade timmerlagret. Om den givna förbrukningen ligger inom toleransnivåerna för utbyte (dvs den ekonomiska produktionen i förhållande till förbrukningen), gran 48-55% och furu 50-55% så används faktisk UB för lager, om utbytet är lägre används den låga toleransen och vice versa. Om den totala avvikelserna på UB-lager med ovan nämnda metod överstiger "toleransnivå inventering" skall frågan eskaleras till verksamheten och utredning görs.